UNIVERSIADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO – UFERSA
CENTRO DE ENGENHARIAS – CE
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS – DECAM

PAULO CESAR MOURO DA SILVA
Eng. Agrônomo - PROFESSOR ASSOCIADO

MEMORIAL PARA PROMOÇÃO A CLASSE DE TITULAR DA CARREIRA DO MAGISTÉRIO SUPERIOR.

Memorial apresentado à Universidade Federal Rural do Semi-Árido, para fins de Progressão da Classe D (Associado) Nível 4 para Classe E (Titular), em observação ao que estabelece a Resolução CONSUNI/UFERSA nº 010/2014, de 24 de novembro de 2014, a Resolução CONSUNI/UFERSA nº 006/2017, de 17 de abril de 2017, a Lei 12.772/2012 de 28 de dezembro de 2012 e a Lei 13.325/2016 de 29 de julho de 2016.

Mossoró, 2024.

APRESENTAÇÃO

O presente memorial contempla a minha trajetória profissional e acadêmica, visando descrever e apresentar fatos e acontecimentos nas esferas de ensino, pesquisa e extensão. A fim de submeter esses dados e informações à avaliação de uma banca, para obter a progressão funcional a condição de professor titular do magistério superior no Brasil.

Na elaboração deste documento foram consideradas, apenas as informações que compreendem o período de tempo da graduação até o presente momento. Na graduação e pôs graduação, relatam-se as principais atividades para a formação que servem de base ao ingresso da carreira do magistério superior.

As informações aqui expostas visam cumprir o ordenamento legal e jurídico presente tanto na instituição como na legislação que regem os aspectos da progressão da carreira de nível superior, quais seja Resolução CONSUNI/UFERSA nº 010/2014, de 24 de novembro de 2014, a Resolução CONSUNI/UFERSA nº 006/2017, de 17 de abril de 2017, a Lei 12.772/2012 de 28 de dezembro de 2012 e a Lei 13.325/2016 de 29 de julho de 2016. Desta forma, contendo registro de ensino, pesquisa e extensão acadêmica, além de atividades administrativas até junho de 2024.

Este memorial deve ser apresentado à banca que fará a avaliação das informações aqui prestadas e das condições de execução de cada item.

RESUMO BIOGRÁFICO

Paulo Cesar Moura da Silva nasceu em Areia Branca, no Rio Grande do Norte, no ano de 1974. Filho de Francisco Albino Filho, estivador, e Margareth Soares de Moura, cabeleireira, crescendo em um ambiente de trabalho árduo, dedicação e valores que o acompanharam ao longo de sua vida.

Seu percurso educacional iniciou-se na Escola Municipal Presidente Médici, onde cursou o ensino primário. De quinta a oitava série, estudou na Escola Estadual Conselheiro Brito Guerra. No ensino médio, frequentou a Escola Municipal Desembargador Silvério Soares e a Escola Estadual Elita Monte, destacando-se como um aluno dedicado e promissor.

Em 1993, ingressou no ensino superior, sendo admitido na Escola Superior de Agricultura de Mossoró para o curso de Engenharia Agronômica. No mesmo ano, foi também aceito na Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), onde cursou Licenciatura em Química, demonstrando desde cedo seu interesse pela ciência e pelo ensino. Concluindo o curso de Engenharia Agronômica, e tendo que optar por deixar a Licenciatura em Química no ultimo semestre do curso, em decorrência da aprovação na pós-graduação.

Em 1999, foi aprovado no Mestrado da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) no campus de Campina Grande e na Universidade Federal do Ceará (UFC). Optou pela UFPB, onde aprofundou seus estudos e pesquisas. Em 2002, foi novamente aprovado em dois programas de doutorado: na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e na Universidade de Campinas (UNICAMP) em São Paulo. Optou pela UFCG, onde, em 2006, obteve o título de Doutor em Recursos Naturais.

Após concluir o doutorado, Paulo passou a residir em Natal, no Rio Grande do Norte, onde começou a ministrar aulas na rede privada de ensino superior. Em 2007, foi selecionado como bolsista de desenvolvimento regional do CNPq, sendo direcionado a um projeto na Universidade do Estado do Rio

Grande do Norte (UERN) em Mossoró. Lá, teve um papel fundamental na consolidação do laboratório de Geoprocessamento do curso de Ciências Biológicas.

Ainda em 2007, Paulo foi convidado a ministrar a disciplina de Geoprocessamento na Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), na condição de colaborador externo. Sua competência e dedicação renderam-lhe, por meio de concurso público, uma posição de professor efetivo na UFERSA em 2008, assumindo a disciplina de Geoprocessamento, onde permanece até hoje.

Ao longo de sua carreira, Paulo Cesar Moura da Silva tem se destacado por sua contribuição significativa para o campo do geoprocessamento e pela formação de inúmeros profissionais na área. Sua trajetória é marcada pelo comprometimento com a educação e com o desenvolvimento científico e tecnológico da região do semiárido brasileiro. Com uma carreira acadêmica robusta e uma presença constante na vida acadêmica e profissional de seus alunos e colegas, sempre guiado pelos valores de trabalho e perseverança herdados de seus pais.

AGRADECIMENTOS

Sou grato a Deus, pela saúde, pela vida e pelos caminhos que trilhei, por minha família e por todos que passaram por este período da minha carreira profissional.

Sou grato a meus pais, Francisco Albino Filho (*in memorian*) e Margareth Soares de Moura (*in memoria*). Meu pai não pode ver os meus êxitos acadêmicos, mas a minha mãe lutou, trabalho e se dedicou para que eu fosse o que sou e tivesse o que hoje tenho. Dando o exemplo e mostrado o meu real potencial, mesmo que as probabilidades fossem baixas ou quase nulas, o descredito da maioria fosse grande, ela acreditou e nunca deixou de acreditar.

Sou grato a minha família, Isolda, Sara e Samuel, pois sabem que por vezes não tenho o tempo e a dedicação para retribuir o amor que eles têm por min, a carreira nos exige o tempo que seria deles e mesmo assim não apontaram ou reclamaram, apenas apoiaram, sem minha família não seria nada, não teria nada e seria ausente um propósito nas minhas ações.

Agradeço aos amigos e colegas que juntei ao longo dos anos, os de perto e os que por algum motivos estão distantes. A gradeço aos meus colegas de profissão por estar apoiando as inciativas e confiando no trabalho que nos propomos a fazer, aos alunos e orientandos que confiaram nas instruções e foram diligentes nas suas ações.

Sou grato a todos que de alguma forma me ajudaram a ser o que sou, direta ou indiferentemente, a primos, tios e em especial ao meu avô materno Antônio Soares de Moura (*in memoria*), que me mostrou o valor do estudo, da busca do conhecimento e quão poderoso é o saber adquirido.

Sou grato àqueles que me criticaram com razão ou sem razão, aos que não acreditaram em min ou duvidaram da minha capacidade, pais me mostrou onde eu errei e me motivaram a ser melhor e mais eficiente no que faço, as criticas podem ser duras ou maldosas, mas são essenciais para corrigir seus rumos, evitar acidentes e se afastar de indivíduos que vão lhe desviar do caminho traçado para a paz e êxito.

Sumário

1. INFORMAÇÕES PESSOAIS 9
1.1 ESTADO CIVIL 9
1.2 DESCENDENTES 9
1.3 ENDEREÇO RESIDENCIAL 9
1.4 ENDEREÇO PROFISSIONAL 9
1.5 PROFISSÃO 9
2. DOCUMENTOS 9
3. FORMAÇÃO ACADÊMICA 10
3.1 GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA 10
3.2 MESTRADO EM IRRIGAÇÃO E DRENAGEM 10
3.3 DOUTOR EM RECURSOS NATURAIS 10
3.4 FORMAÇÃO COMPLEMENTAR 10
4. ATUAÇÃO PROFISSIONAL 11
4.1 ESAM/UFERSA 11
4.2 BOLSISTA PESQUISADOR 11
5. ATIVIDADE DIDÁTICA 12
5.1 AULAS MINISTRADAS 12
5.1.2 Disciplinas ministradas na graduação 12
5.1.3 Disciplinas ministradas na pós-graduação 12
6. ATIVIDADE PESQUISA 12
6.1 GRUPOS DE PESQUISA CNPq 12
6.2 LINHAS DE PESQUISA 13
6.3 PROJETOS DE PESQUISA 13
6.3.1 Projetos de pesquisa 13
6.4 PRODUÇÃO BIBLIOGRÁFICA 15
6.4.1 Artigos científicos em revistas ou periódicos 15
6.4.2 Resumos publicados em anais ou revistas científicas 19
6.4.3 Resumos expandidos publicados em anais ou revistas científicas 20
6.4.1 Livros publicados 23
7. ATIVIDADE DE ORIENTAÇÃO E FORMAÇÃO DE PESQUISADORES 24

7.1 ORIENTAÇÕES CONCLUÍDAS 24
7.1.1 Doutorado 24
7.1.2 Mestrado 25
7.1.3 Especialziação 25
7.1.4 Graduação 26
7.1.3 Iniciação Científica 29
7.1.5 Monitoria 29
7.2 ORIENTAÇÕES 30
7.2.1 Doutorado 30
7.2.2 Mestrado 30
7.2.3 Especialzação 31
7.3 BANCA DE AVALIAÇÃO DE QUALIFICAÇÃO E PROJETO DE DISSERTAÇÃO 32
7.3.2 Dissertações – Mestrado 33
7.3.3 Qualificação de doutorado 36
7.3.4 Projeto de dissertação 37
7.3.5 Trabalho de conclusão de curso de Espacialização. 38
7.3.6 Trabalho de conclusão de curso de graduação 39
7.3.7 Concurso público 42
8. ATIVIDADE DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA 42
8.1 PROJETOS 42
9. ATIVIDADE DE ADMINISTRAÇÃO 44
9.1 PARTICIPAÇÕES EM COMISSÕES E CONSELHOS 44
10. PALAVRAS FINAIS 45

1. INFORMAÇÕES PESSOAIS

NOME: Paulo Cesar Moura da Silva

DATA DE NASCIMENTO: 03 de fevereiro de 1974

LOCAL DE NASCIMENTO: Areia Branca - RN

1.1 ESTADO CIVIL

- Casado

1.2 DESCENDENTES

- Sara Noemi Ramalho de Moura
- Samuel Ramalho de Moura

1.3 ENDEREÇO RESIDENCIAL

- Rua Seis de Janeiro, Númerp 10, Bairro Santo Antônio, Mossoró-RN, CEP: 59611-070, Residencial Espaço Vida, Bloco Lua Apartamento 502.

1.4 ENDEREÇO PROFISSIONAL

Departamento de Engenharia e Ciências Ambientais e Tecnológicas - DECAM

Universidade Federal Rural do Semiárido - UFERSA

Av. Francisco Mota, 572

Bairro Costa e Silva

CEP: 59.625-900

Mossoró-RN

1.5 PROFISSÃO

Servidor Público de Instituição Federal - Professor de Ensino Superior

2. DOCUMENTOS

2.1 CPF: 913.585.404-97

2.2 RG: 1428077- DATA DE EXPEDIÇÃO: 26 de Agosto de 1992- ÓRGÃO DE EXPEDIÇÃO: SSP-RN

2.3 CARTEIRA NACIONAL DE HABILITAÇÃO: Registro Nº 02284138060

2.4 TÍTULO DE ELEITOR: 015572641619

2.5 MATRÍCULA SIAPE: 1612510

3. FORMAÇÃO ACADÊMICA

3.1 GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – Escola Superior de Agricultara de Mossoró – ESAM – 1999

Monografia: Caracterização Físico-Química de Águas Extraídas de Sedimentos Calcário e Arenítico, Submetidas a Diferentes Doses de Adubos e Ácidos.

Orientador: José Francismar de Medeiros

3.2 MESTRADO EM IRRIGAÇÃO E DRENAGEM – Universidade Federal da Paraíba – UFPB – 2001

Dissertação: Avaliação e Variabilidade Espacial de Propriedades Químicas do Solo da Extenção “Maria Tereza" - Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, Petrolina-PE.

Orientador: Lúcia Helena Garofolo Chaves

3.3 DOUTOR EM RECURSOS NATURAIS – Universidade Federal de Campina Grande – UFCG – 2006.

Tese: Cultivo do Coqueiro Anão Verde Sob Diferentes Lâminas de Irrigação e Salinidade da Água.

Orientador: Hugo Orlando Carvallo Guerra.

3.4 FORMAÇÃO COMPLEMENTAR

2000 - 2000 Extensão universitária em Geoestatística. (Carga horária: 45h).
Universidade Federal da Paraíba, UFPB, Joao Pessoa, Brasil

2000 - 2000 Curso de curta duração em Linux (Curso Completo Para Usuários). (Carga horária: 20h).
Universidade Federal da Paraíba, UFPB, Joao Pessoa, Brasil.

1998 - 1998 Curso de curta duração em Eletrificação Rural. (Carga horária: 30h).
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFERSA, Mossoró, Brasil

4. ATUAÇÃO PROFISSIONAL

4.1 ESAM/UFERSA

2006 - 2006
Universidade Estadual Vale do Acaraú,
Vínculo: Temporário, Enquadramento Funcional: Professor, Carga horária: 8
Atividade: Ensino, Pedagogia, Nível: Graduação, Disciplinas ministradas, Fundamentos da Matemática, Estatística Educacional.

2008 - Atual
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Vínculo: Servidor Público, Enquadramento Funcional: Professor Associado, Regime: Dedicação exclusiva.

4.2 BOLSISTA PESQUISADOR

- 1996 - 1997
Escola Superior de Agricultara de Mossoró – ESAM
Vínculo: Pesquisa,
Enquadramento Funcional: Iniciação científica, Carga horária: 8
Outras informações: Projeto Financiado pelo CNPq (PIBIC)

2006 - 2008
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte
Vínculo: Bolsista DCR (CNpQ), Enquadramento Funcional: Pesquisador, Regime: Dedicação exclusiva.
Atividades:
- 01/2007
Ensino, Ciência da Computação, Nível: Graduação, Disciplinas ministradas, Sistema de Informação Geográfica

- 08/2007 - 10/2007
Ensino, Espacialização em Geografia do Nordeste, Nível: Especialização, Disciplinas ministradas, Geoprocessamento.

- 01/2007 - 04/2007
Ensino, Programa Especial de Formação Profissional, Nível: Graduação, Disciplinas ministradas, Ecologia Geral.

- 01/2007 - 04/2007
Ensino, Programa Especial de Formação Profissional, Nível: Graduação, Disciplinas ministradas, Ecologia Geral.

5. ATIVIDADE DIDÁTICA

5.1 AULAS MINISTRADAS

5.1.2 Disciplinas ministradas na graduação

- Geoprocessamento: Universidade Federal Rural do Semirárido, nos anos de 2008 a 2024.
- Geoprocessamento Aplicado a Ecologia: Universidade Federal Rural do Semirárido, nos anos de 2010 a 2024.
- Engenharia de sistemas de agrícolas e ambientais: Universidade Federal Rural do Semirárido, nos anos de 2010 a 2012.

5.1.3 Disciplinas ministradas na pós-graduação

- Planejamento de Áreas Irrigadas: Universidade Federal Rural do Semirárido, Curso de Mestrado em Irrigação de Drenagem, semestre 2012.1.
- Geoprocessamento aplicado ao Manejo de Solo e Água: Universidade Federal Rural do Semirárido, Programa de pós-graduação em manejo de água e solo, semestres 2012.2 e 2013.3, 2014.1, 2016.1 e 2017.2.
- Tópicos Especiais em Ambiente Tecnóloga e Sociedade: Universidade Federal Rural do Semirárido, Mestrado em Ambiente Tecnologia e sociedade, Semestre 2018.2.
- Introdução ao Geoprocessamento: Universidade Federal Rural do Semirárido, Curso de Especialização em Geoprocessamento, Semestres 2018.1 e 2019.2.
- Projetos em Geoprocessamento: Universidade Federal Rural do Semirárido, Curso de Especialização em Geoprocessamento, Semestres 2018.1 e 2019.2.
- Orientação de Trabalho de Conclusão de Curso: Universidade Federal Rural do Semirárido, Curso de Especialização em Geoprocessamento, Semestres 2018.1 e 2019.2.

6. ATIVIDADE PESQUISA

6.1 GRUPOS DE PESQUISA CNPq

- Engenharia e Ciência Ambiental.
- Grupo de Estudos em Engenharia, Meio Ambiente e Geotecnologias – GEEMAG.

- Tratamento e manejo de resíduos para o desenvolvimento sustentável do semiárido.

6.2 LINHAS DE PESQUISA

- Conservação de Solo e Água
- Geoprocessamento
- Sensoriamento Remoto
- Sistemas de Informações Geográficas

6.3 PROJETOS DE PESQUISA

6.3.1 Projetos de pesquisa

2020 - Atual QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL E IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS EM TRECHOS DO RIO PIRANHAS AÇU/RN
Descrição: Com o crescimento populacional e novo modelo de desenvolvimento econômico imposto, a expansão urbana, industrial e de áreas agricultáveis tem se tornado mais requerente e causado impactos sobre os recursos naturais. A pesquisa objetiva realizar um mapeamento do uso e ocupação de trechos do baixo curso do Rio Piranhas Açu para detectar o nível de degradação e seus principais agentes causadores, determinar os Índices de Impacto Ambiental (IIA), de Qualidade da Água (IQA) e de Langelier (IL) e, verificar a percepção dos moradores sobre seu estado de conservação, utilizando a técnica de análise multivariada.
Situação: Em andamento Natureza: Projetos de pesquisa
Alunos envolvidos: Mestrado acadêmico (7);
Integrantes: Paulo Cesar Moura da Silva; Rafael Oliveira Batista; Luis César de Aquino Lemos Filho; ANDERSON CARLOS PEREIRA DA SILVA; FELIPE FERREIRA COELHO; LARISSA LUANA NICODEMOS FERREIRA; LINDACI MEDEIROS DA SILVA; MARIA ELIDAYANE DA CUNHA; MATEUS PESSOA CAMINHA; AMYLLE RUANA MARINHO DE MEDEIROS.

2019 - Atual IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS DOS PARQUES EÓLICOS EM ÁREAS AGRÍCOLAS
Descrição: Em virtude da degradação do meio ambiente e do esgotamento dos recursos naturais, atualmente muitas nações buscam a autossuficiência em produção de energia e a diversificação da sua matriz energética. Uma das principais alternativas para essa diversificação é a produção de energias renováveis pois apresentam menos impactos ambientais negativos. Neste cenário, uma das energias renováveis que estão mais em foco é a energia eólica, por sua qualidade ambiental e por sua forte abundância em muitos lugares do mundo.
Situação: Em andamento Natureza: Projetos de pesquisa
Alunos envolvidos: Mestrado acadêmico (2);
Integrantes: Paulo Cesar Moura da Silva; ELIS REGINA COSTA DE MORAIS; MANOEL FORTUNATO SOBRINHO JUNIOR; SAMANTHA JOYCE BEZERRA FAUSTINO.

2019 - Atual USO DE IMAGENS MULTIESPECTRAIS OBTIDAS POR VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO E SATÉLITES NA PREDIÇÃO DA

PRODUTIVIDADE DO MILHO
Descrição: conhecimento da produtividade agrícola consiste em uma variável essencial para auxiliar o produtor e órgãos governamentais nos processos de tomadas de decisão. Apesar de importante, individualmente a produtividade não é um indicador capaz de gerar informações que aperfeiçoe o manejo da lavoura, sendo imprescindível o mapeamento de sua variabilidade espacial e temporal.
Situação: Em andamento Natureza: Projetos de pesquisa
Alunos envolvidos: Doutorado (4);
Integrantes: Paulo Cesar Moura da Silva; Carlos Júnior, Antônio Aldisio; SUEDEMIO DE LIMA SILVA; ERLLAN TAVARES COSTA LEITÃO; GLEYDSON DE FREITAS SILVA; JOAQUIM ODILON PEREIRA; PRISCILA PASCALI DA COSTA BANDEIRA.

2009 - 2011 Zoneamento Agroambiental da Microrregião de Mossoró - RN
Descrição: O objetivo principal deste projeto de pesquisa consiste em realizar o zoneamento agroambiental da microrregião de Mossoró, utilizando ferramentas geotecnológicas e bases cartográficas digitais públicas.
Situação: Concluído Natureza: Projetos de pesquisa
Alunos envolvidos: Graduação (3);
Integrantes: Paulo Cesar Moura da Silva; Ana Luiza Lima Ferreira; Jurema Maria Silva Araújo; Daniela da Costa Leite Coelho.

2009 - 2011 Determinação da deterioração das Áreas de Preservação ou Proteção Permanentes do município de Mossoró-RN
Descrição: O objetivo desta pesquisa é detectar e quantificar o grau de deterioração do município de Mossoró, utilizando geotecnologias e sistemas de informações geográficas.
Situação: Concluído Natureza: Projetos de pesquisa
Alunos envolvidos: Graduação (1);
Integrantes: Paulo Cesar Moura da Silva; Joel Medeiros Bezerra; Marco Antônio Diodato.

2009 - Atual Rede de Estudos de Mudanças Climáticas no Rio Grande do Norte
Descrição: Monitoramento das variações climáticas no estado do Rio Grande do Norte
Situação: Em andamento Natureza: Projetos de pesquisa
Alunos envolvidos: Doutorado (5);
Integrantes: Paulo Cesar Moura da Silva; José Francismar de Medeiros; José Esínola Sobrinho; Gilmar Bristout (Responsável)
Financiador(es): Financiadora de Estudos e Projetos-FINEP.

2006 - 2007 Zoneamento Ambiental das Duas Principais Bacias do Semi-árido Potiguar
Descrição: O objetivo geral deste projeto é elaborar o Zoneamento Ambiental detalhado das principais bacias hidrográficas da caatinga Norte Rio Grandese, bacias estas dos rios Apodi – Mossoró e Piranhas – Açu.
Situação: Concluído Natureza: Projetos de pesquisa

Alunos envolvidos: Graduação (1); Especialização (1); Mestrado acadêmico (1);
Integrantes: Paulo Cesar Moura da Silva;
Financiador(es): Governo do Estado do Rio Grande do Norte-GOVERNO/RN, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq.
1996 - 1997 Melhoramento Genético de milho
Descrição: Melhoramento Genético do milho.
Situação: Concluído Natureza: Projetos de pesquisa
Alunos envolvidos: Graduação (3); Especialização (1); Doutorado (1);
Integrantes: Paulo Cesar Moura da Silva; Paulo Sérgio lima e silva (Responsável)
Financiador(es): Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq.

6.4 PRODUÇÃO BIBLIOGRÁFICA

6.4.1 Artigos científicos em revistas ou periódicos

1. PAULA, Y. L.; **SILVA, P. C. M.** O modelo espacial multicritérios para implantação de aerogeradores visando a redução de impactos ambientais. RAMA - Revista em Agronegócio e Meio Ambiente. , v.17, p.e10919 -, 2024.

2. BATISTA, P. E.; DOMBROSKI, S. A.; **SILVA, P.C.M.** Utilização de sistema de informação geográfica (SIG) visando à gestão da infraestrutura de água e esgoto de um campus universitário. https://orcid.org/0000-0002-9881-615X. , v.70, p.21 - 30, 2022.

3. FREITAS, D. C.; SANTOS, J. ˆ. E. A.; **SILVA, P. C. M.**; LUNARDI, V. O.; LUNARDI, D. G. Are dolphin-watching boats routes an effective tool for managing tourism in marine protected areas?. OCEAN & COASTAL MANAGEMENT. , v.211, p.1 - 8, 2021.

4. SILVA, W. B.; Bezerra, J. M.; FEITOSA, A. P.; **SILVA, P. C. M.**; REGO, A. T. A. Uso e Ocupação do Solo na Bacia Hidrográfca do Açude Santa Cruz do Apodi – RN. ANUÁRIO DO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS (UFRJ. IMPRESSO). , v.43, p.397-407 - 397, 2020.

5. VALE, HUDSON SALATIEL MARQUES; BATISTA, RAFAEL OLIVEIRA; COSTA, DANNIELY DE OLIVEIRA; LEMOS FILHO, LUIS CÉSAR DE AQUINO; SANTOS, DELFRAN BATISTA DOS; **SILVA, PAULO CÉSAR MOURA DA** DETECÇÃO DO ENTUPIMENTO EM GOTEJADORES APLICANDO PERCOLADO DE ATERRO SANITÁRIO DILUÍDO. RAMA : REVISTA EM AGRONEGÓCIO E MEIO AMBIENTE. , v.11, p.975 - 993, 2018.

6. MARTINS, J. C. V.; SILVA, E. V.; **SILVA, PAULO CÉSAR MOURA DA**;

MEIRELES, A. J. A. MAPEAMENTO SOCIAL PARTICIPATIVO E CIDADANIA: PLANEJAMENTO E GESTÃO SOCIOAMBIENTAL DE TERRITÓRIO INDÍGENA. Revista Internacional de Direito Ambiental. , v.1, p.113-124 - 124, 2018.

7. SILVA, C. V. T.; RIBEIRO FILHO, J. C.; **SILVA, P.C.M.**; LEMOS FILHO, L. C. A.; BRASIL, J. B. CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA, USO E OCUPAÇÃO DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA. REVISTA ENGENHARIA NA AGRICULTURA. , v.25, p.436 - 444, 2017.

8. OLIVEIRA FILHO, F. X.; MIRANDA, N. O.; MEDEIROS, J. F.; **SILVA, P.C.M.**; MESQUITA, F. O.; COSTA, T. K. G. Compactação de solo cultivado com cana-de-açúcar em Baía Formosa, Rio Grande do Norte. Revista Ceres. , v.63, p.715 - 715, 2016.

9. OLIVEIRA JUNIOR, H. S.; **SILVA, P.C.M.**; SILVA, C. L. C. E. Monitoramento e mapeamento das águas subterrâneas de abastecimento urbano do município de Mossoró-RN. Revista Brasileira de Geografia Física. , v.09, p.1825 - 1835, 2016.

10. FREITAS, D. C.; **SILVA, P.C.M.**; LUNARDI, V. O.; SANTOS, J. E. A.; LUNARDI, D. G. Uso e ocupação do solo na Reserva Faunística Costeira de Tibau do Sul (REFAUTS), Rio Grande do Norte, Brasil (1984 - 2015). REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA FÍSICA. , v.09, p.1880-1887 - 1887, 2016.

11. COELHO, D. C. L.; BATISTA, R. O.; **SILVA, P. C. M.**; MESQUITA, F. O. PRODUÇÃO DE CAPIM ELEFANTE UTILIZANDO PERCOLADO DE ATERRO SANITÁRIO. Bioscience Journal (Online). , v.31, p.830-840 - 840, 2015.

12. OLIVEIRA FILHO, F. X.; MIRANDA, N. O.; MEDEIROS, J. F.; **SILVA, P.C.M.**; MESQUITA, F. O.; COSTA, T. K. G. Zona de manejo para preparo do solo na cultura da cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (Online). , v.19, p.186 - 193, 2015.

13. FREIRE, F. G. C.; BATISTA, R. O.; COSTA, S. C.; **SILVA, P.C.M.** INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA NO RIO JAGUARIBE EM SÃO JOÃO DO JAGUARIBE-CE, BRASIL. Irriga (UNESP. CD-ROM). , v.18, p.700 - 707, 2014.

14. SANTOS, W. O.; SILVA, K. B.; COELHO, D. C. L.; SILVA, K. M. P.; ESPINOLA SOBRINHO, J.; **SILVA, P.C.M.**; BATISTA, R. O. Variabilidade espacial e temporal das precipitações para a Microrregião de Pau dos Ferros-RN. Revista Brasileira de Geografia Física. , v.7, p.434 - 441, 2014.

15. ARAÚJO, J.M.S.; OLIVEIRA, H.A.; BEZERRA, H.N.; **SILVA, P.C.M.** Determinação da Aptidão Agrícola da Microrregião de Mossoró-RN. Engenharia na Agricultura (Impresso). , v.21, p.148 - 158, 2013.

16. SILVA, G. C. M.; **SILVA, P. C. M.**; MEDEIROS, W. D. A. Determinação de zonas ambientalmente degradadas na messoregião de Mossoró usando geotecnologia. REVISTA BRASILEIRA DE GESTÃO AMBIENTAL. , v.7, p.101 - 108, 2013.

17. ARRUDA, L. E. V.; SILVEIRA, P. R. S.; VALE, H. S. M.; **SILVA, P.C.M.** Índice de área verde e de cobertura vegetal no perímetro urbano central do município de Mossoró-RN. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. , v.08, p.13 - 17, 2013.

18. BATISTA, R. O.; REINALDO, G. P. B.; SEGUNDO, J. M. F.; LEMOS FILHO, L. C. A.; **SILVA, P.C.M.**; SANTOS, D. B. Sistema ecológico para tratamento de esgoto primário em assentamentos rurais do semiárido brasileiro. Agrarian (Dourados. Online). , v.6, p.438 - 447, 2013.

19. MESQUITA, F. O.; ALVES, A. S.; MALHEIROS, S. M. M.; **SILVA, P. C. M.**; SANTOS, W. O.; BATISTA, R. O. Uso do sensoriamento remoto para avaliação da distribuição espacial e quantificação de Macrófitas na barragem Umari – Upanema, RN. Agropecuária Científica no Semi-Árido. , v.9, p.103 - 109, 2013.

20. Bezerra, J. M.; BATISTA, R. O.; SILVA, P. C. M.; MORAIS, C. T. S. L.; FEITOSA, A. P. ASPECTOS ECONÔMICOS E AMBIENTAIS DA EXPLORAÇÃO SALINEIRA NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE. Engenharia Ambiental (UNIPINHAL. Impresso). , v.9, p.3 - 20, 2012.

21. REINALDO, G. P. B.; BATISTA, R. O.; SILVA, P. C. M.; LEMOS FILHO, L. C. A.; FERREIRA NETO, M.; SANTOS, D. B. Desempenho de sistema decanto-digestor com filtro biológico seguido por alagado construído e reator solar no tratamento de esgoto doméstico. Revista Ambiente & Água. , v.7, p.62 - 74, 2012.

22. Araújo,D.R.; SILVA, P. C. M.; DIAS, Nildo da Silva; Lira, D.L.C. ESTUDO DA ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DO RIO MOSSORÓ NO SÍTIO URBANO DE MOSSORÓ-RN POR MEIO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO. Revista Caatinga (UFERSA. Impresso). , v.25, p.177 - 183, 2012.

23. Bezerra, J. M.; SILVA, P. C. M.; Batista, R. O; FEITOSA, A. P. Uso de Geotecnologia Para Avaliação Ambiental da Deterioração do Munícipo de Mossoró. Revista de Geografia (Recife). , v.28, p.91 - 101, 2011.

24. Bezerra, J. M.; SILVA, P. C. M.; MORAIS, C. T. S. L.; Batista, R. O. Utilização de Geotecnologias na Determinação de Áreas Susceptíveis a Desertificação no Estado do Rio Grande do Norte. Revista Brasileira de Geografia Física. , v.03, p.543 - 561, 2011.

25. Bezerra, J. M.; SILVA, P. C. M.; MORAIS, C. T. S. L.; Batista, R. O; Andrade, L.M. UTILIZAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS NA OBTENÇÃO DE

INDICADORES DE DESERTIFICAÇÃO PARA O RIO GRANDE DO NORTE. Engenharia Ambiental (UNIPINHAL. Impresso). , v.08, p.222 - 241, 2011.

26. Costa, C.C.A; CAMACHO, R. G. V.; Macedo, I.D; **SILVA, P. C. M.** ANÁLISE COMPARATIVA DA PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA EM FRAGMENTOS ARBÓREOS E ARBUSTIVOS EM ÁREA DE CAATINGA NA FLONA DE AÇU-RN. Revista Árvore (Impresso). , v.32, p.259 - 265, 2010.

27. Rocha, Alexsandra Bezerra da; Baccaro, Claudete Aparecida Dallevedove; SILVA, P. C. M.; Camacho, Ramiro Gustavo Valera. MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DA BACIA DO APODI-MOSSORÓ, RN. Mercator (Fortaleza. Online). , v.8, p.201 - 216, 2009.

28. SILVA, G. C. M.; SILVA, P. C. M.; MEDEIROS, W. D. A. Determinação de áreas ambientlamente degradadas na Meso Região Oeste Potiguar. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. , v.3, p.98 - 105, 2008.

29. Silveira, B.D.A; Araújo,D.R.; **SILVA, P. C. M.** MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DO MUNICÍPIO DE GROSSOS - RN. Caatinga (Mossoró). , v.21, p.206 - 213, 2008.

30. FARIAS, C. H. A.; Oliveira, G. S.; Sauza, L. F.; TOMAZ, H. V. Q.; **SILVA, P. C. M.** SATURAÇÃO POR ALUMÍNIO E SUA VARIABILIDADE ESPACIAL NO PRIMEIRO HORIZONTE EM VÁRZEA DO LITORAL PARAIBANO. Caatinga (Mossoró). , v.21, p.151 - 154, 2008.

31. Bezerra, J. M.; FEITOSA, A. P.; MORAIS, C. T. S. L.; SILVA, P. C. M.; SILVA, Isolda Ramalho da. Zonemaneto das áreas de preservação permanente do municípios de Martins, RN. Caatinga (Mossoró). , v.21, p.113 - 122, 2008.

32. Santos, L. S; SILVA, P. C. M.; MEDEIROS, W. D. A. Análise do processo de verticalização na área urbana do município de mossoró-RN, aspectos juridiccos e ambientais. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. , v.2, p.170 - 181, 2007.

33. SILVA, P. C. M.; GUERRA, H. O. C.; Gheyi, H. R; FARIAS, C. H. A.; SILVA, Isolda Ramalho da EFICIÊNCIA FLORA E BIOMASSA DOS FRUTOS DE COQUEIRO. Caatinga (Mossoró). , v.20, p.68 - 77, 2007.

34. SILVA, P. C. M.; CHAVES, Lucia Helena Garofolo. AVALIAÇÃO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM SOLO DO PERÍMETRO IRRIGADO DE PETROLINA, PE. Agropecuária Técnica (UFPB). , v.27, p.5 - 12, 2006.

35. SILVA, P. C. M.; CHAVES, Lucia Helena Garofolo; CHAVES, Iêde Brito; VASCONCELOS, A C F. Variabilidade de propriedades químicas do

solo aluvial da ilha de picos, Pernambuco. Revista de Biologia e Ciências da Terra. , v.6, p.13 - 19, 2006.

36. CHAVES, Lucia Helena Garofolo; TITO, G A; CHAVES, Iêde Brito; LUNA, João Gil; **SILVA, P. C. M.** Propriedades Químicas do solo aluvial da ilha de assunção - Cabrobó (Pernambuco). Revista Brasileira de Ciência do Solo. , v.1, p.431 - 437, 2004.

37. SILVA, P. C. M.; PORDEUS, Roberto Vieira; AZEVEDO, C A V; LIMA, V. L. A. Spatial variability Of The Groundwater Quality In The São Gonçalo Irrigation District-Paraíba State-Brazil. Asae Annual International Meeting. , v.1, 2003.

38. SILVA, P. C. M.; CHAVES, Lucia Helena Garofolo. Avaliação e variabilidade espacial de fósforo, potássio e matéria orgânica em alissolos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. , v.5, p.431 - 436, 2001.

6.4.2 Resumos publicados em anais ou revistas científicas

1. MORAIS, C. T. S. L.; Rocha, A. B; SILVA, P. C. M.; CAMACHO, R. G. V. DETERMINAÇÃO DAS ÁREAS DE PROTEÇÃO PERMANENTE DE ENCOSTAS DE MORROS NO MUNICÍPIO DE LUIS GOMES – RN, UTILIZANDO GEOPROCESSAMENTO In: ENCOPE, 2007, Mossoró - RN. **ENCOPE**. Mossoró - RN: UERN, 2007.

2. MORAIS, C. T. S. L.; Rocha, A. B; SILVA, P. C. M.; CAMACHO, R. G. V. DETERMINAÇÃO DAS ÁREAS DE PROTEÇÃO PERMANENTE DE RIOS E CÓRREGOS NO MUNICÍPIO DE LUIS GOMES – RN, UTILIZANDO GEOPROCESSAMENTO In: ENCOP, 2007, Mossoró - RN. **ENCOP 2007**. Mossoró - RN: UERN, 2007.

3. Silva, J. S.; Rocha, A. B; BACCARO, C. A. D.; **SILVA, P. C. M.** DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAS UNIDADES MORFOESTRUTURAIS DA BACIA SEDIMENTAR POTIGUAR - RN In: XVI Encontro de Geografia, 2007, Mossoró - RN. **XVI Encontro de Geografia**. Mossoró - RN: UERN, 2007.

4. Rocha, A. B; Silva, J. S.; SILVA, P. C. M.; CAMACHO, R. G. V. DIAGNÓSTICO DO INDICE DE VEGETAÇÃO DO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ – RN In: XIV Encontro de Geografia, 2007, Mossoró. **XIV Encontro de Geografia**. Mossoró-RN: UERN, 2007.

5. Silva, J. S.; Rocha, A. B; FILGUEIRA, R. F.; **SILVA, P. C. M.**EVIDÊNCIAS E CONSEQUÊNCIAS DA TRANSGRESSÃO MARINHA NA PRAIA In: XVI Encontor de Geografia, 2007, Mossoró - RN. **XVI Encontor de Geografia**. Mossoró - RN: UERN, 2007.

6. Rocha, A. B; **SILVA, P. C. M.**O USO DO SENSORIAMENTO REMOTO COMO FERRAMENTA PARA ANÁLISE DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO (2006-2007) DO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ – RN. In: ENCOPE, 2007, Mossoró - RN. **ENCOPE 2007**. Mossoró - RN: EURN, 2007.

7. Rocha, A. B; Silva, J. S.; FILGUEIRA, R. F.; SOUZA, E. B.; **SILVA, P. C. M.** UM ESTUDO DE CASO DOS PADRÕES DE DRENAGENS DA FORMAÇÃO SERRA DE In: XVI Encontro de Geografia, 2007, Mossoró-RN. **XVI Encontro de Geografia**. Mossoró-RN: UERN, 2007.

8. SILVA, Isolda Ramalho da; **SILVA, P. C. M.** AVALIAÇÃO DA RELAÇÃO POPULAÇÃO-LIXO E OS IMPACTOS AMBIENTAIS NA VISÃO DOS MORADORES DA CIDADE DE TIBAU-RN. In: Reunião Anual da SBPC, 2001, Salvador - BA. **Anais da Reunião Anual da Sociedade Brasileira Para o Progresso da Ciência**. , 2001. v.CD-ROM.

9. SILVA, P. C. M.; MORAIS, Lindocastro Nogueira de; SILVA, Isolda Ramalho da; DIAS, Nildo da Silva. Análise econômica da comercialização do melão amarelo em Natal-RN no período de 1992 a 1995 In: I Semana de Biologia da UERN, 1998, Mossoró. **Anais da I Semana de Biologia da UERN**. , 1998. v.1.

10. DIAS, Nildo da Silva; MORAIS, Lindocastro Nogueira de; **SILVA, P. C. M.** Estudo referente aos períodos de abundância e escassez de alimentos para as abelhas do campos da ESAM. In: I Semana de Biologia da UERN, 1998, Mossoró. **Anais I Semana de Biologia da UERN**. , 1998. v.1.

11. SILVA, P. C. M.; MORAIS, Lindocastro Nogueira de; SILVA, Isolda Ramalho da Interferências dos fatores climáticos nas quantidades de preços do melão Japonês comercializado em Natal-RN no período de 1992 a 1995. In: 50a Reunião Anual da SBPC, 1998, Natal -RN. **Anais da 50a Reunião Anual da SBPC**. , 1998. v.CD ROM.

6.4.3 Resumos expandidos publicados em anais ou revistas científicas

1. Vidal Filho, J.N; Oliveira, A.L.T; SILVA, P. C. M.; Martins, R.C.G; CASTRO, A. F. Meteorological Data Mining: a Case Study in The Brazil Semi-Arid In: Advances in Data Mining, 2011, Nava Iorque.
Advances in Data Mining. Fockendorf, Germany: ibai Publishing, 2011. v.Único. p.73 - 79

2. Ferreira, A.L.L; COELHO, D. C. L.; ARAUJO, J. M. S.; **SILVA, P. C. M.** Determinação das Áreas de Preservação Permanente de Dunas e Mangues da Foza do Rio Apodi-Mossoró/RN In: Encontro Intercontinental Sobre a Natureza - O2, 2009, Fortaleza-CE. **Anais do Encontro Intercontinental Sobre a Natureza 2009 - O2**. , 2009.

3. Rocha, A. B; BACCARO, C. A. D.; SILVA, P. C. M.; CAMACHO, R. G.

V.; Silva, J. S. ANÁLISE GEOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APODI-MOSSORÓ-RN, UTILIZANDO TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO In: Encontro Intercontinental Sobre a Natureza, 2007, Fortaleza - CE. **Encontro Intercontinentes de Águas - O2**. Fortaleza - RN: Encontro Intercontinental Sobre a Natureza, 2007.

4. Rocha, A. B; SILVA, P. C. M.; Silva, J. S.; FILGUEIRA, R. F. ESTUDO DE CASO DO AVANÇO DO MAR SOBRE A FAIXA LITORÂNIA NA PRAIA DE REDONDA, ICAPUÍ-CE In: Encontor intercontinentes de Águas, 2007, Forataleza - CE. **Encontor intercontinentes de Águas - O2**. Fortaleza - CE: Instituto Hidroambiental Águas do Brasil, 2007.

5. PORDEUS, Roberto Vieira; AZEVEDO, Carlos Alberto Vieira de; SILVA, P. C. M.; DANTAS NETO, José; AZEVEDO, Marcia Rejane Queiroz de Almeida. ANÁLISE GEOESTATÍSTICA DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA EM ÁREA IRRIGADA In: XIII Congresso Brasileiro de Irrigação e Drenagem – CONIRD 2003, 2003, Juazeiro - BA. **Anais do XIII Congresso Brasileiro de Irrigação e Drenagem**. , 2003. v.CD-ROM.

6. PORDEUS, Roberto Vieira; AZEVEDO, Carlos Alberto Vieira de; SILVA, P. C. M.; DANTAS NETO, José; AZEVEDO, Marcia Rejane Queiroz de Almeida. VARIABILIDADE ESPACIAL DA QUALIDADE DA ÁGUA DO LENÇOL FREÁTICO NO PERÍMETRO IRRIGADO DE SÃO GONÇALO-PARAÍBA In: XXXII Congresso Brasileiro de Engenharia Agícola, 2003, Goiânia - GO. **Anais do XXXII Congresso Brasileiro de Engenharia Agícola**. , 2003. v.CD-ROM.

7. CHAVES, Lucia Helena Garofolo; SILVA, P. C. M.; MEDEIROS, B. G.; CHAVES, Iêde Brito. VARIABILIDADE DE PROPRIEDADES QUÍMICAS NO SOLO ALUVIAL DA ILHA DE PICOS, PE. I.FÓSFORO, POTÁSSIO E MATÉRIA ORGÂNICA. In: XXX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2001, Foz do Iguaçu - Paraná. **A Engenhariaria Agrícola Frete ao Desenvolvimento Agroindustrial e o Mercado Globalizado - Cd rom**. , 2001.

8. CHAVES, Lucia Helena Garofolo; SILVA, P. C. M.; MEDEIROS, B. G.; CHAVES, Iêde Brito. VARIABILIDADE DE PROPRIEDADES QUÍMICAS NO SOLO ALUVIAL DA ILHA DE PICOS, PE. I.FÓSFORO, POTÁSSIO E MATÉRIA ORGÂNICA. In: XXX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2001, Foz do Iguaçu - Paraná. **A Engenhariaria Agrícola Frete ao Desenvolvimento Agroindustrial e o Mercado Globalizado - Cd rom**. , 2001.

9. CHAVES, Lucia Helena Garofolo; SILVA, P. C. M.; MEDEIROS, B. G.; CHAVES, Iêde Brito. VARIABILIDADE DE PROPRIEDADES QUÍMICAS NO SOLO ALUVIAL DA ILHA DE PICOS, PE. II. REAÇÃO DO SOLO In: XXX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2001, Foz do Iguaçu - Paraná. **A engenharia Agrícola Frente ao Desenvolvimento Agroindustrial e o Mercado Globalizado - CD ROM**. , 2001.

10. CHAVES, Lucia Helena Garofolo; SILVA, P. C. M.; MEDEIROS, B. G.; CHAVES, Iêde Brito. VARIABILIDADE DE PROPRIEDADES QUÍMICAS NO SOLO ALUVIAL DA ILHA DE PICOS, PE. II. REAÇÃO DO SOLO In: XXX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2001, Foz do Iguaçu - Paraná. **A engenharia Agrícola Frente ao Desenvolvimento Agroindustrial e o Mercado Globalizado - CD ROM**. , 2001.

11. SILVA, P. C. M.; MEDEIROS, J. F.; DIAS, Nildo da Silva; FERREIRA NETO, M.Ajuste do PH da Água Subterrânea Usando na Irrigação da Região de Mossoró - RN a Partir das Curvas de Titulação e do Índice de Saturação de Langelier (ISL). In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2000, Fortaleza-CE. **Anais do XXIX congresso brasileiro de Engenharia Agrícola**. , 2000. v.1.

12. SILVA, P. C. M.; MEDEIROS, J. F.; DIAS, Nildo da Silva; FERREIRA NETO, M. Ajuste do PH da Água Subterrânea Usando na Irrigação da Região de Mossoró - RN a Partir das Curvas de Titulação e do Índice de Saturação de Langelier (ISL). In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2000, Fortaleza-CE. **Anais do XXIX congresso brasileiro de Engenharia Agrícola**. , 2000. v.1.

13. VIANA, S. B. A.; ALMEIDA, F. P.; SILVA, P. C. M.; FARIAS, C. H. A. APLICATIVO PARA DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE DRENAGEM SUBTERRÂNEA. In: congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2000, Fortaleza-CE. **Anais do Congresso Brasileiro de Engenaria Agrícola**. , 2000. v.CD-ROM.

14. VIANA, S. B. A.; ALMEIDA, F. P.; SILVA, P. C. M.; FARIAS, C. H. A. APLICATIVO PARA DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE DRENAGEM SUBTERRÂNEA. In: congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2000, Fortaleza-CE. **Anais do Congresso Brasileiro de Engenaria Agrícola**. , 2000. v.CD-ROM.

15. PRESTE, A. C.; FARIAS, C. H. A.; SILVA, P. C. M.; MOURA, M. S. B. Avaliação do Potencial Climático para o Cultivo do Arroz e Feijão no Município de Peixe - Boi - PA. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2000, Fortaleza-CE. **Anais do XXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**. , 2000. v.1.

16. PRESTE, A. C.; FARIAS, C. H. A.; SILVA, P. C. M.; MOURA, M. S. B. Avaliação do Potencial Climático para o Cultivo do Arroz e Feijão no Município de Peixe - Boi - PA. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2000, Fortaleza-CE. **Anais do XXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**. , 2000. v.1.

17. SILVA, P. C. M.; FARIAS, C. H. A.; PRESTE, A. C.; MOURA, M. S. B. Balanço Histórico e Classificação Climática em Castanhal / PA, Dando Subsídio ao Cultivo de Frutículas. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2000, Fortaleza - CE. **Anais do XXIX Congresso Brasileiro**

de engenhaira Agrícola. , 2000. v.1.

18. SILVA, P. C. M.; FARIAS, C. H. A.; PRESTE, A. C.; MOURA, M. S. B. Balanço Histórico e Classificação Climática em Castanhal / PA, Dando Subsídio ao Cultivo de Frutículas. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2000, Fortaleza - CE. **Anais do XXIX Congresso Brasileiro de engenhaira Agrícola**. , 2000. v.1.

19. SILVA, P. C. M.; MEDEIROS, J. F.; FARIAS, C. H. A.; ALMEIDA, F. P.; VIANA, S. B. A. Caracterização Físico-Qíimica de Águas Calcárias, Areníticas e Destilada Submetidas a Diferentes Doses de Adubos In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2000, Fortaleza-CE. **Anasi do Congresso Brasileiro de Engenharia Agícola**. , 2000. v.CD-ROM.

20. SILVA, P. C. M.; MEDEIROS, J. F.; FARIAS, C. H. A.; ALMEIDA, F. P.; PRESTE, A. C. A. Caracterização Físíco-Química de Misturas de Águas de Origem Calcária e Areníticas Submetidas a Diferentes Doses de Adubos In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2000, Fortaleza-CE. **Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**. , 2000. v.CD-ROM.

21. SILVA, P. C. M.; MEDEIROS, J. F.; FARIAS, C. H. A.; ALMEIDA, F. P.; PRESTE, A. C. A. Caracterização Físíco-Química de Misturas de Águas de Origem Calcária e Areníticas Submetidas a Diferentes Doses de Adubos In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2000, Fortaleza-CE. **Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**. , 2000. v.CD-ROM.

22. FERREIRA NETO, M.; MEDEIROS, J. F.; SILVA, P. C. M.; DIAS, Nildo da Silva. Avaliação de água salina na irrigação do Capim-de-burro In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agícola, 1999, Pelotas-RS. **Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**. , 1999. v.CD-ROM.

6.4.1 Livros publicados

1. Carlos Júnior, Antônio Aldisio; Miranda, Neyton de Oliveira; Medeiros, Jonatan Levi Ferreira de; Silva, Suedêmio de Lima; **SILVA, PAULO CÉSAR MOURA DA**; Leitão, Erllan Tavares Costa; Araújo, Ana Beatriz Alves de; Bandeira, Priscila Pascali da Costa; Bandeira, Poliana Maria da Costa; Silva, Gleydson de Freitas; Freitas, Isaac Alves da Silva; Lopes, Thaís Cristina de Souza. USO DE SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL NO MAPEAMENTO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DE MILHETO In: As Ciências Exatas e da Terra no Século XXI 2.1 ed.Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019, p. 166-178.

2. MEDEIROS, A. A. M.; PRAXEDES, A. M.; COSTA, D. K. P.; FREITAS,

F. C. M.; **SILVA, P. C. M.** GEOTECNOLOGIA NO LEVANTAMENTO DE EXPLORAÇÃO LEGAL DE MADEIRA DA MICRORREGIÃO PAU DOS FERROS In: V Simpósio Brasileiro sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Semiárido: educaçãoo ambiental e biodiversidade.01 ed.Mossoró: UERN, 2012

3. BARRETO, A. C.; SOUSA, D. C. B.; MEDEIROS, L. B.; COSTA, T. K. G.; SILVA, P. C. M.; DIODATO, M. A. MONITORAMENTO DO PROCESSO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS COM O USO DE GEOTECNOLOGIA In: Simpósio Brasileiro Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Semiárido.01 ed.Mossoró-RN: Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró: PROPEG, 2012, p. 10-.

4. MEDEIROS, L. B.; SOUSA, D. C. B.; COSTA, T. K. G.; BARRETO, A. C.; **SILVA, P. C. M.** Simpósio Brasileiro Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Semiárido In: Monitoramento da Cobertura Vegetal no Município de Apodi-RN, no Período de 1999 e 2009.01 ed.Mossoró-RN: Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró: PROPEG, 2012, p. 20-.

5. COSTA, T. K. G.; SOUSA, D. C. B.; MEDEIROS, L. B.; BARRETO, A. C.; **SILVA, P. C. M.** Uso de SIG para Monitoramento das Áreas de Influência dos Poços Petrolíferos em Mossoró-RN In: V Simpósio Brasileiro sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Semiárido: educaçãoo ambiental e biodiversidade.01 ed.Mossoró-RN: Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró: PROPEG, 2012, p. 1-.

6. Rocha, A. B; SILVA, P. C. M.; CAMACHO, R. G. V. Aplicação da Metodologia do DFC na Microbacia do Município de Luis Gomes-RN In: Gestão dos Recursos Hídricos e planejamento ambiental ed.João Pessoa: Editora Universitária, 2010, v.1, p. 1-559.

7. ATIVIDADE DE ORIENTAÇÃO E FORMAÇÃO DE PESQUISADORES

7.1 ORIENTAÇÕES CONCLUÍDAS

7.1.1 Doutorado

1. ALEXSANDRA FERNANDES DE QUEIROZ. **CONTRIBUIÇÃO METODOLÓGICA AOS ESTUDOS DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS DA REGIÃO SEMIÁRIDA BRASILEIRA**. 2017. Tese (MANEJO DE SOLO E ÁGUA) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

7.1.2 Mestrado

1. Hermínio Sabino de Oliveira Júnior. **Monitoramento e mapeamento das águas subterrâneas de abastecimento urbano no municípo de Mossoró-RN**. 2016. Dissertação (MANEJO DE SOLO E ÁGUA) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Inst. financiadora: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

2. Francisco Gonçalo Filho. **Avaliação de técnicas de manejo da caatinga através da análise dso atributis físicso e químicos do solo**. 2015. Dissertação (MANEJO DE SOLO E ÁGUA) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Inst. financiadora: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

3. Jonatan Levi Ferreira de Medeiros. **Varaibilidade Espacial da Resistência à penetração e teor de água em solo cultivado com cana-de-açucar no litoral sul potiguar**. 2015. Dissertação (MANEJO DE SOLO E ÁGUA) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Inst. financiadora: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

7.1.3 Especialziação

1. Fernanda Cristina de Morais Freitas. **DETERMINAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA MICRORREGIÃO DE CHAPADA DO APODI**. 2012. Iniciação científica (Ecologia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

2. Aryane Maryane Praxedes. **DETERMINAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA MICRORREGIÃO DE MOSSORÓ**. 2012. Iniciação científica (Ecologia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

3. JUREMA MARIA SILVA ARAÚJO. **DETERMINAÇÃO DA DETERIORAÇÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO OU PROTEÇÃO PERMANENTES DO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ-RN**. 2010. Iniciação científica (Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

4. JUREMA MARIA SILVA ARAÚJO. **ZONEAMENTO AGROAMBIENTAL DA MICRORREGIÃO DE MOSSORÓ - RN**. 2009. Iniciação científica (Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

5. Joel Medeiros Bezerra. **Determinação da Deterioração Ambiental no Município de Mossoró, Usando Geotecnologias**. 2008. Iniciação científica (Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

6. Gabriella Cynara Minora da Silva. **Determinação de Zonas Ambientalmente Degradas na Messorregião de Mossoró**. 2008.

Iniciação científica (gestão Ambiental) - Universidade do Estado do Rio Grande do Norte
Inst. financiadora: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

7.1.4 Graduação

1. TEOTÔNIO ANDRADE DE LIMA NETO. **CÁLCULO DE ATERROS E CORTES VIA PROGRAMA AUTODESK CIVIL 3D UTILIZANDO DADOS GEOESPACIAIS**. 2024. Curso (Engenharia Civil) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

2. LUNA VINÍCIOS FONSECA. **MODELO ESPACIAL MULTICRITÉRIO PARA ESTIMATIVA DE VALOR VENAL DE ÁREAS URBANAS DE MOSSORÓ/RN**. 2024. Curso (Engenharia Civil) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

3. WILLIAN LUDWIG ALVES DE OLIVEIRA. **ANÁLISE DA VIABILIDADE DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM EDIFICAÇÕES: ESTUDO DE CASO NA EEEP LUCAS EMMANUEL LIMA PINHEIRO**. 2023. Curso (Engenharia Civil) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

4. VITOR PESSOA CAMINHA. **ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DE UMA SUB-BACIA URBANA, CONSIDERANDO OS IMPACTOS DA SUA OCUPAÇÃO**. 2023. Curso (Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

5. MELISSA DIAS GUIMARÃES. **DETERMINAÇÃO DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE NA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ-RN, APLICANDO IMAGENS DE SATÉLITE**. 2023. Curso (Engenharia Civil) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

6. DANIEL CORCINO TAVARES. **METODOLOGIA DE LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO PARA FINS DE PAVIMENTAÇÃO NO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ-RN**. 2023. Curso (Engenharia Civil) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

7. MELQUISEDEQUE BARBOSA COSTA. **MODELAGEM ESPACIAL PARA A DEFINIÇÃO DA DIREÇÃO DE FLUXO DAS ÁGUAS PLUVIAIS**. 2023. Curso (Engenharia Civil) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

8. FABRÍCIO LUIZ LIMA DA SILVA. **MAPAEAMENTO DA TEMPERATURA DE SUPERFICIE APARTIR DE IMAGENS TERMAIS DO MUNICÍPIO DE LIMOEIRO DO NORTE - CE**. 2022. Curso (Engenharia Civil) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

9. AMANDA FERNANDES DE OLIVEIRA. **MAPEAMENTO DE FOCOS DE CALOR NA ÁREA DA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO PARQUE**

NACIONAL DA FURNA FEIA – PNFF. 2022. Curso (Ecologia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

10. Daniel Corcino Tavares. **Comparação na eficiência de levantamentos planialtimétricos feitos com RPA em diferentes alturas de voo**. 2021. Curso (Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

11. LIANDRA MELO CARVALHO. **MAPEAMENTO DE CIDADES DE PEQUENO PORTE NO SEMIÁRIDO POTIGUAR COM USO DE FERRAMENTAS LIVRES E GRATUITAS**. 2021. Curso (Engenharia Civil) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

12. KAIO CESAR DE CARVALHO MENEZES. **ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA MATA CILIAR NO PERÍMETRO ESTUARINO DO RIO JAGUARIBE**. 2020. Curso (Ecologia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

13. Antônio Luiz Freitas Bezerra. **Aplicação do princípio de Pareto e mapa de calor na análise de acidentes de trânsito em Mossoró-RN**. 2020. Curso (Engenharia de Produção) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

14. MARIA MAYRLLA OLIVEIRA DOS REIS. **USO DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS LIVRES E GRATUITAS NO MAPEAMENTO TERRITORIAL DA CIDADE DE LIMOEIRO DO NORTE-CE**. 2019. Curso (Engenharia Civil) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

15. PEDRO HENRIQUE CÂMARA MATOS. **UTILIZAÇÃO DE SOFTWARES LIVRES E GRATUITOS NO APOIO A GESTÃO DE PEQUENOS MUNICÍPIOS DO SEMIÁRIDO NORDESTINO**. 2019. Curso (Engenharia Civil) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

16. Clara Lívia Câmara e Silva. **Geoprocessamento no diagnóstico e monitoramento da recuperação de áreas degradadas**. 2012. Curso (Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

17. Raimundo Fernades de Oliveira Júnior. **Relatório de Estágio**. 2012. Curso (Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

18. Joel Medeiros Bezerra. **Diagnóstico ambiental e análise de concentração de metais pesados de sedimentos no trecho urbano do rio Apodi-Mossoró em Mossoró-RN**. 2010. Curso (Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

19. Johnny Wilky Medeiros da Silva. **Implementação de Políticas Públicas na Secretaria de Meio Ambiente e Urbanismos**. 2010. Curso (Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal Rural do Semi-

Árido

20. Laize Batista Medeiros. **Monitoramento da Cobertura Vegetal por Meio do Sensoriamento Remoto no Município de Apodi-RN entre 1999 e 2009**. 2010. Curso (Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

21. Clayton Hugo Figueirôa Batista. **Tratamento dos resíduos sólidos na central de resíduos do campo de exploração de petróleo - Canto do Amaro**. 2010. Curso (Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

22. Jurema Maria Silva Araújo. **Zoneamento Agroambiental da Microrregião de Mossoró-RN**. 2010. Curso (Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

23. Igor Rummenigge Alves Nogueira. **Análise Juridica e Ambiental de Situações Estudadas em Geprocessamento**. 2009. Curso (Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

24. Walesca Ferreira de Souza. **Atividaddes Desenvolvidas pelo IBAMA/ESREG com perspectivas de preservação do meio ambiente em Mossoró/RN e Região**. 2009. Curso (Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

25. Brenno Dayano Azevedo da Silveira. **Diagnóstico Ambiental do Município de Grossos-RN Aplicando Geotecnologia**. 2009. Curso (Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

26. Carlos Thiago da Silveira Lopes Morais. **Diagnóstico Ambiental do Município de Luis Gomes-RN aplicando Geotecnologia**. 2009. Curso (Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

27. Daniel Roberto de Araújo. **Esapcialização da Área de Preservação do Rio Apodi-Mossoró no Trecho Urbano de Mossoró-RN**. 2009. Curso (Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

28. Vinicíos Batista da Mota Leandro. **O uso de geotecnologia na geração de um mapeamento da lesgislação sobre APPs, Porto do Mangue-RN**. 2009. Curso (Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

29. Antônio Aldíseo Carlos Júnior. **Uso de Geotecnologia na Avalição da Aptidão Agrícola das Terra da Microregião de Umarizal**. 2009. Curso (Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

7.1.3 Iniciação Científica

1. Fernanda Cristina de Morais Freitas. **DETERMINAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA MICRORREGIÃO DE CHAPADA DO APODI**. 2012. Iniciação científica (Ecologia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

2. Aryane Maryane Praxedes. **DETERMINAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA MICRORREGIÃO DE MOSSORÓ**. 2012. Iniciação científica (Ecologia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

3. JUREMA MARIA SILVA ARAÚJO. **DETERMINAÇÃO DA DETERIORAÇÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO OU PROTEÇÃO PERMANENTES DO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ-RN**. 2010. Iniciação científica (Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

4. JUREMA MARIA SILVA ARAÚJO. **ZONEAMENTO AGROAMBIENTAL DA MICRORREGIÃO DE MOSSORÓ - RN**. 2009. Iniciação científica (Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

5. JOEL MEDEIROS BEZERRA. **Determinação da Deterioração Ambiental no Município de Mossoró, Usando Geotecnologias**. 2008. Iniciação científica (Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

6. GABRIELLA CYNARA MINORA DA SILVA. **Determinação de Zonas Ambientalmente Degradas na Messorregião de Mossoró**. 2008. Iniciação científica (gestão Ambiental) - Universidade do Estado do Rio Grande do Norte
Inst. financiadora: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

7.1.5 Monitoria

1. AMANDA ALVES DE MORAIS. Bolsista de monitoria. Projeto de monitorai 2012.
2. DIANA CARVALHO DE FREITAS. Bolsista de Monitoria. Projeto de monitoria, 2013.
3. DIANA CARVALHO DE FREITAS. Bolsista de Monitoria. Projeto de monitoria, 2014.
4. DIANA CARVALHO DE FREITAS. Bolsista de Monitoria. Projeto de monitoria, 2015.

5. OTAVIO TAVARES BOTREL. Bolsista de Monitoria. Projeto de monitoria, 2016.
6. MARCELO AUGUSTO DA SILVA. Bolsista de Monitoria. Projeto de monitoria, 2018.
7. MARCELO AUGUSTO DA SILVA E CAMILA GABRIELLE DE ARAÚJO SANTOS. Bolsista de Monitoria. Projeto de monitoria, 2019.
8. DANIEL CORCINO TAVARES. Bolsista de Monitoria. Projeto de monitoria, 2020.
9. DANIEL CORCINO TAVARES. Bolsista de Monitoria. Projeto de monitoria, 2020.
10. DANIEL CORCINO TAVARES. Bolsista de Monitoria. Projeto de monitoria, 2021.
11. Daniel Corcino Tavares. Bolsista de Monitoria. Projeto de monitoria, 2022.
12. VANDERBIO DUARTE RODRIGUES SEGUNDO. Bolsista de Monitoria. Projeto de monitoria, 2023.

7.2 ORIENTAÇÕES

7.2.1 Doutorado

1. ALEXSANDRA FERNANDES DE QUEIROZ. **CONTRIBUIÇÃO METODOLÓGICA AOS ESTUDOS DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS DA REGIÃO SEMIÁRIDA BRASILEIRA**. 2017. Tese (MANEJO DE SOLO E ÁGUA) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

7.2.2 Mestrado

1. Hermínio Sabino de Oliveira Júnior. **Monitoramento e mapeamento das águas subterrâneas de abastecimento urbano no municípo de Mossoró-RN**. 2016. Dissertação (MANEJO DE SOLO E ÁGUA) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Inst. financiadora: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

2. Francisco Gonçalo Filho. **Avaliação de técnicas de manejo da caatinga através da análise dso atributis físicso e químicos do solo**.

2015. Dissertação (MANEJO DE SOLO E ÁGUA) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Inst. financiadora: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

3. Jonatan Levi Ferreira de Medeiros. **Varaibilidade Espacial da Resistência à penetração e teor de água em solo cultivado com cana-de-açucar no litoral sul potiguar**. 2015. Dissertação (MANEJO DE SOLO E ÁGUA) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Inst. financiadora: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

7.2.3 Especialização

1. RODRIGO YAGO COSTA CARVALHO. **APLICAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS PARA ANÁLISE AMBIENTAL EM TRECHO URBANO DO RIO APODI-MOSSORÓ**. 2021. Monografia (Espéciallização em Geoprocessamento e Georreferenciamento) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

2. CAMILA GABRIELLE DE ARAÚJO SANTOS. **APLICAÇÃO DE IMAGENS CBERS4A NO MAPEAMENTO E MONITORAMENTO DE PAINÉIS SOLARES EM USINA FOTOVOLTAICA**. 2021. Monografia (Especialização em Geoprocessamento e Georreferenciamento) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

3. YARA LEMOS DE PAULA. **DESENVOLVIMENTO DE MODELO ESPACIAL MULTICRITÉRIOS PARA IMPLANTAÇÃO DE AEROGERADORES VISANDO A REDUÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS**. 2021. Monografia (Especialização em Geoprocessamento e Georreferenciamento) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

4. CORDINIZ OVIDIO DE AZEVEDO JUNIOR. **ANALISE MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE DA PEDRA EM SANTANA DO MATOS - RN**. 2019. Monografia (Especialização em Geoprocessamento e Georreferenciamento) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

5. JANE KELLY HOLANDA MELO. **ANÁLISE TEMPORAL DA OCORRÊNCIA DE VEGETAÇÃO NATURAL NO MUNICIPIO DE SEVERIANO MELO - RN**. 2019. Monografia (Especialização em Geoprocessamento e Georreferenciamento) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

6. JEAN MARCELL AZEVEDO DE ALMEIDA. **DETERMINAÇÃO DE ZONAS DE APTIDÃO PARA IMPLANTAÇÃO DE USINAS SOLARES FOTOVOLTAICAS, UTILIZANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO**. 2019. Monografia (Especialização em Geoprocessamento e Georreferenciamento) - Universidade Federal Rural

do Semi-Árido

7. FRANCISCO JOSERALDO MEDEIROS DO VALE. **ESTUDO EDAFICO DA MICRORREGIÃO DA CHAPADA DO APODI PARA IMPLANTAÇÃO DA CULTURA DA UVA**. 2019. Monografia (Especialização em Geoprocessamento e Georreferenciamento) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

8. ITALO WIGLIFF LEITE PACHICO. **USO DE FERRAMENTAS E TECNOLOGIAS LIVRES E GRATUITAS PARA O AUXÍLIO DA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA DE PEQUENAS E MÉDIAS CIDADES**. 2019. Monografia (Especialização em Geoprocessamento e Georreferenciamento) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

9. Antônio Aldíseo Carlos Júnior. **Uso de Geotecnologia na Determinação de Aréas de Presevação Permanete de Topos de Morro e Encostas da Microrregião de Umarizao**. 2013. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental) - Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

10. ALEXSANDRA BEZERRA DA ROCHA. **APLICAÇÃO DO DIAGNÓSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA – DFC NA MICROBACIA DO MUNICÍPIO DE LUIS GOMES-RN**. 2008. Monografia (Espacialização em Geografia do Nordeste) - Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

7.3 BANCA DE AVALIAÇÃO DE QUALIFICAÇÃO E PROJETO DE DISSERTAÇÃO

7.3.1 Teses – Doutorado

1. ESPINOZA, J. C. V.; BATISTA, R. O.; **SILVA, P. C. M.**; PAIVA, L. A. L.; MELO, S. B. Participação em banca de JULIO CESAR VADO ESPINOZA. **COMPORTAMENTO HIDRÁULICO DE GOTEJADORES OPERANDO COM DILUIÇÕES DE ÁGUA SALOBRA: ALGORITMOS PYTHON, TEORIA FRACTAL, CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS E MICROSCOPIA ELETRÔNICA POR VARREDURA**, 2024 (MANEJO DE SOLO E ÁGUA) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

2. CUNHA, M. E.; BATISTA, R. O.; **SILVA, P. C. M.**; ARRUDA, L. E. V.; LOPES, T. C. S. Participação em banca de MARIA ELIDAYANE DA CUNHA. **EFEITO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA QUALIDADE AMBIENTAL NO VALE DO RIO PIRANHAS-AÇU.**, 2022. (MANEJO DE SOLO E ÁGUA) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

3. PAIVA, L. A. L.; BATISTA, R. O.; **SILVA, P. C. M.**; SANTOS, D. B.; SILVA, K. B. Participação em banca de LAIO ARIEL LEITE DE PAIVA. **IMPACTO DO USO DO EFLUENTE DA AQUICULTURA E DILUIÇÕES**

EM ÁGUA DE POÇO NOS SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO, 2022 (MANEJO DE SOLO E ÁGUA) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

4. Carlos Júnior, Antônio Aldisio; Silva, S. L.; **SILVA, P. C. M.**; MIRANDA, N. O.; BARRETO, A. C. Participação em banca de ANTONIO ALDISIO CARLOS JUNIOR. **PREDIÇÃO DA PRODUTIVIDADE DO MILHO POR SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL.**, 2022 (MANEJO DE SOLO E ÁGUA) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

5. OLIVEIRA JUNIOR, R. F.; BATISTA, R. O.; **SILVA, P. C. M.**; COSTA, D. O.; VALE, H. S. M.; COSTA, L. R. Participação em banca de RAIMUNDO FERNANDES DE OLIVEIRA JUNIOR. **ANÁLISE DOS ATRIBUTOS QUALI-QUANTITATIVOS DA ÁGUA EM MICROBACIA PERENE DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**, 2020 (MANEJO DE SOLO E ÁGUA) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

6. BATISTA, R. O.; **SILVA, P. C. M.**; VALE, H. S. M.; COSTA, DANNIELY DE OLIVEIRA; COSTA, L. R. Participação em banca de Raimundo fernandes de Oliveira Júnior. **Análise dos atributos quali-quantitativos da água em microbacia perene do semiárido brasileiro**, 2020 (MANEJO DE SOLO E ÁGUA) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

7. AMARO, V. E.; SCUDELARI, A. C.; AMARAL, R. F.; LOPES, A. B.; **SILVA, P. C. M.** Participação em banca de Paulo Victor do Nascimento Araújo. **Geotecnologias de alta precisão no mapeamento de georisco a inundação frente às mudanças climáticas**, 2020 (Program de Pós-Graduação em Geodinâmica e geofísica) Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

8. MARQUES, B. C. D.; BATISTA, R. O.; **SILVA, P. C. M.**; LEMOS FILHO, L. C. A.; SANTIAGO, R. C. Participação em banca de BLAKE CHARLES DINIZ MARQUES. **DESEMPENHO DE UNIDADES GOTEJADORAS OPERANDO COM DILUIÇÕES DE EFLUENTES DE LATICÍNIOS E DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO EM ESCALA LABORATORIAL.**, 2016 (MANEJO DE SOLO E ÁGUA) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

9. FEITOSA, A. P.; BATISTA, R. O.; **SILVA, P. C. M.**; Bezerra, J. M.; LEMOS FILHO, L. C. A.; SANTOS, W. O.; ANDRADE FILHO, J. Participação em banca de ALEX PINHEIRO FEITOSA. **Desempenho Hidráulico de Gotejadores e Desenvolvimento de Estação Para Tratamento de Água Cinza no Semiárido Brasileiro**, 2016 (MANEJO DE SOLO E ÁGUA) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

7.3.2 Dissertações – Mestrado

1. COSTA, J. E. F.; Pereira, M.; **SILVA, P. C. M.**; PINHO, C. M. D.

Participação em banca de JOSÉ ERIC FRANCISCO DA COSTA. **IDENTIFICAÇÃO DO NÍVEL DE EUTROFIZAÇÃO DE CORPOS HÍDRICOS POR MEIO DA DETECÇÃO DE CIANOBACTÉRIAS ATRAVÉS DE MINERAÇÃO DE IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 2021. (Programa de Pós Graduação em Ciência da Computação) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

2. MEDEIROS, F. H. F.; LUNARDI, D. G.; LUNARDI, V. O.; **SILVA, P. C. M.**; MEDEIROS, W. D. A. Participação em banca de FRANCISCO HIÁLYSON FIDELIS MEDEIROS. **ANÁLISE MULTICRITÉRIO COMO SUBSÍDIO AO ZONEAMENTO AMBIENTAL DE UM PARQUE NACIONAL NO BIOMA CAATINGA, BRASIL**, 2020. (MANEJO DE SOLO E ÁGUA) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

3. SOBRINHO JUNIOR, M. F.; MORAIS, E. R. C.; CAMACHO, R. G. V.; **SILVA, P. C. M.**; VARELLA, F. K. O. M.; CARVALHO, R. G. Participação em banca de MANOEL FORTUNATO SOBRINHO JUNIOR. **PERCEPÇÃO DOS IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS DOS PARQUES EÓLICOS EM ÁREAS AGRÍCOLAS: Estudo de Caso do Município de Serra do Mel-RN.**, 2020. (MANEJO DE SOLO E ÁGUA) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

4. FREITAS, D. C.; LUNARDI, D. G.; LUNARDI, V. O.; SAITO, C. H.; **SILVA, P. C. M.** Participação em banca de DIANA CARVALHO DE FREITAS. **COMO GARANTIR A SUSTENTABILIDADE DO ECOTURISMO E A CONSERVAÇÃO DO BOTO-CINZA, UMA ESPÉCIE AMEAÇADA DE EXTINÇÃO?**, 2018. (Ambiente, tecnologia e sociedade) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

5. RIBEIRO FILHO, J. C.; LEMOS FILHO, L. C. A.; **SILVA, P. C. M.**; ARAUJO, S. T.; PALACIO, H. A. Q.; SANTOS, J. C. N. Participação em banca de JACQUES CARVALHO RIBEIRO FILHO. **MEDIDA E MODELAGEM DA INTERCEPTAÇÃO VEGETAL EM UMA MICROBACIA PERENE DE VERTENTE**, 2018.(MANEJO DE SOLO E ÁGUA) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

6. FARIAS, P. K. P.; SOUZA, C. M. M.; SILVA, E. F.; ERNESTO SOBRINHO, F.; **SILVA, P. C. M.** Participação em banca de PHÂMELLA KALLINY PEREIRA FARIAS. **GÊNESE E LEVANTAMENTO DE SOLOS DA SERRA DE SANTANA NO SERIDÓ POTIGUAR**, 2016. (MANEJO DE SOLO E ÁGUA) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

7. Carlos Júnior, Antônio Aldisio; Silva, S. L.; PEREIRA, J. O.; **SILVA, P. C. M.**; ALVES, S. M. C. Participação em banca de ANTONIO ALDISIO CARLOS JUNIOR. **MAPEAMENTO DAS ÁREAS MECANIZÁVEIS DA BACIA HIDROGRÁFICA APODI-MOSSORÓ APLICANDO AVALIAÇÃO MULTICRITERIAL**, 2016. (MANEJO DE SOLO E ÁGUA) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

8. OLIVEIRA JUNIOR, R. F.; BATISTA, R. O.; LEMOS FILHO, L. C. A.;

CARVALHO, R. G.; **SILVA, P. C. M.** Participação em banca de RAIMUNDO FERNANDES DE OLIVEIRA JUNIOR. **MODELAGEM ESPACIAL DE ATRIBUTOS FÍSICO-HÍDRICOS E USO DO SOLO EM UMA MICROBACIA PERENE DE VERTENTE DO SEMIÁRIDO**, 2016. (MANEJO DE SOLO E ÁGUA) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

9. FERREIRA, L. L. N.; LEMOS FILHO, L. C. A.; CAMACHO, R. G. V.; **SILVA, P. C. M.** Participação em banca de LARISSA LUANA NICODEMOS FERREIRA. **VARIAÇÃO ESPACIAL DE ATRIBUTOS DO SOLO, EM ZONA DE RECARGA DE NASCENTE, EM UMA MICROBACIA PERENE DO SEMIÁRIDO**, 2016. (MANEJO DE SOLO E ÁGUA) Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

10. VALE, H. S. M.; BATISTA, R. O.; **SILVA, P. C. M.**; SANTOS, D. B.; DINIZ, A. A. Participação em banca de HUDSON SALATIEL MARQUES VALE. **DESEMPENHO DE GOTEJADORES OPERANDO COM PERCOLADO DE ATERRO SANITÁRIO DILUÍDO SOB PRESSÕES DE SERVIÇO.**, 2014. (MANEJO DE SOLO E ÁGUA) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

11. BATISTA, R. O.; **SILVA, P.C.M.**; SANTOS, D. B.; DINIZ, A. A. Participação em banca de Hudson Salatiel Marques Vale. **Desenpneho de gotejadores operando com percolado de aterro sanitário diluído sob pressões de serviços**, 2014. (MANEJO DE SOLO E ÁGUA) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

12. MAMEDE, G. L.; RIBEIRO, R. S. F.; **SILVA, P.C.M.** Participação em banca de Débora Carla Barboza de Souza. **Utilização de Lógica fuzzy e Sensoriamento Remoto no Monitoramento do Uso do Solo: Estudo de Caso da Bacia Hidrográfica do Açude do Meio**, 2014. (Engenharia Agrícola) Universidade Federal do Ceará

13. BATISTA, R. O.; DIAS, Nildo da Silva; SILVA, P. C. M.; CARVALHO, R. G. Participação em banca de Daniela da Costa Leite Coelho. **Alteração nas características químicas de argissolo e produção de capim elefante (Pennisetum pururеum Schum.) decorrente da aplicação de percolado de resíduo sólido urbano no semiáriodo.**, 2013. (MANEJO DE SOLO E ÁGUA) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

14. CASTRO, A. F.; Pereira, M.; **SILVA, P. C. M.** Participação em banca de Ticiana Cristina Fernades Diógenes. **Mineração de imagens de Sensoriamento Remoto para Detecção de Padrões Fluviais no Rio Mossoró**, 2011. (Ciência da Computação - Uern - Ufersa) Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

15. MIRANDA, N. O.; MEDEIROS, J. F.; **SILVA, P. C. M.** Participação em banca de Carlos Georg Ferandes Nunes. **Variabilidade Espacial dos Atributos que influenciam a produção de arroz vermelho irrigado no vale do Apodi-RN**, 2008. (Program de Posgraduação em Irrrigação e

Drenagem) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

16. Silva Neto, F. F.; Vasconcelos, B.; QUEIROZ, A. C.; CAMACHO, R. G. V.; **SILVA, P. C. M.** Participação em banca de Francisco Felipe da Silva Neto. **Impactos Ambientais Urbanos em Mossoró: O Uso do solo Marginal da Bacia do Rio Apodi-Mossoró**, 2007. (Desenvolvimento e Meio Ambiente) Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

7.3.3 Qualificação de doutorado

1. ESPINOZA, J. C. V.; BATISTA, R. O.; PAIVA, L. A. L.; **SILVA, P. C. M.** Participação em banca de JULIO CESAR VADO ESPINOZA. **Defesa de dois artigos: Artigo 1 'Dinâmica do entupimento de gotejadores não autocompensantes aplicando diluições de água salobra: enfoque na alteração da vazão, geometria fractal e microscopia eletrônica de varredura' e Artigo 2 "Impacto do uso de água salobra em unidades gotejadoras: comportamento do entupimento dos emissores".**, 2023 (MANEJO DE SOLO E ÁGUA) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

2. Carlos Júnior, Antônio Aldisio; Silva, S. L.; MEDEIROS, J. F.; MIRANDA, N. O.; **SILVA, P. C. M.** Participação em banca de ANTONIO ALDISIO CARLOS JUNIOR. **ARTIGO 1: RELAÇÃO ENTRE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO E PROPRIEDADES DO SOLO PARA PREDIÇÃO DA PRODUTIVIDADE DO MILHO POR MEIO DE APRENDIZAGEM DE MÁQUINA.**, 2022 (MANEJO DE SOLO E ÁGUA) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

3. VASCOLCELOS, F. P.; FREIRE, G. S. S.; PINHEIRO, L. S.; **SILVA, P.C.M.** Participação em banca de Robson Fernades Filgueira. **Evolução e Dinâmica das Áreas Ocupadas com Manguezais no Estuário do Rio Apodi-Mossoró-RN**, 2014. (Geografia) Universidade Estadual do Ceará

4. SANTOS, W. O.; ESPINOLA SOBRINHO, J.; LEMOS FILHO, L. C. A.; **SILVA, P. C. M.**; SOUZA, C. M. M. Participação em banca de WESLEY DE OLIVEIRA SANTOS. **MÁXIMAS INTENSIDADES E ÍNDICES DE EROSIVIDADE DE CHUVAS PARA O RIO GRANDE DO NORTE**, 2014 (MANEJO DE SOLO E ÁGUA) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

5. FEITOSA, A. P.; BATISTA, R. O.; ALVES, S. M. C.; **SILVA, P. C. M.** Participação em banca de ALEX PINHEIRO FEITOSA. **Revisão bibliográfica sobre o Projeto "Desenvolvimento de estação de tratamento e produção de capim Tanzânia com água cinza"**, 2014. (MANEJO DE SOLO E ÁGUA) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

6. SILVA, K. B.; BATISTA, R. O.; **SILVA, P. C. M.**; ALVES, S. M. C. Participação em banca de KETSON BRUNO DA SILVA. **Revisão bibliográfica sobre o Projeto "Eficácia do tratamento biológico na prevenção do entupimento de gotejadores aplicando água residuária municipal tratada"**, 2014 (MANEJO DE SOLO E ÁGUA) Universidade

Federal Rural do Semi-Árido

7.3.4 Projeto de dissertação

1. SOBRINHO JUNIOR, M. F.; MORAIS, E. R. C.; VARELLA, F. K. O. M.; **SILVA, P. C. M.** Participação em banca de MANOEL FORTUNATO SOBRINHO JUNIOR. **IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS DOS PARQUES EÓLICOS EM ÁREAS AGRÍCOLAS**, 2019
(Ambiente, tecnologia e sociedade) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

2. MEDEIROS, F. H. F.; LUNARDI, D. G.; LUNARDI, V. O.; **SILVA, P. C. M.** Participação em banca de FRANCISCO HIÁLYSON FIDELIS MEDEIROS. **INTEGRAÇÃO DE PROCESSOS PARTICIPATIVOS E AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO APLICADOS A UM PARQUE NACIONAL DO BIOMA CAATINGA**, 2019. (Ambiente, tecnologia e sociedade) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

3. FREITAS, D. C.; LUNARDI, D. G.; **SILVA, P. C. M.**; LUNARDI, V. O. Participação em banca de DIANA CARVALHO DE FREITAS. **PROPOSTA DE ZONEAMENTO AMBIENTAL DA RESERVA FAUNÍSTICA COSTEIRA DE TIBAU DO SUL (REFAUTS), RIO GRANDE DO NORTE, BRASIL**, 2017. (Ecologia e Conservação) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

4. CASTRO, A. F.; SILVA, P. C. M.; Pereira, M. Participação em banca de Francisco de Paula de Freitas Neto. **Aplicação de Business Intelligence no Apoio a Tomoda de Decisão em Segurnaça Pública**, 2013. (Programa de Pós Graduação em Ciência da Computação) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

5. CASTRO, A. F.; SILVA, P. C. M.; LOPES, D. C. Participação em banca de Adriana Mara Guimarães de Freitas. **Implemtação de um sistema inteligente para auxiliar em uma melhor utilização dos recursos disponível para o combate à criminalidade**, 2013. (Programa de Pós Graduação em Ciência da Computação) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

6. LEMOS FILHO, L. C. A.; SILVA, P. C. M.; BATISTA, R. O. Participação em banca de João Marcelo Segundo. **Análise da Viabilidade de Uso de Esgoto na Irrigação de Jardins do "campus" Universitário da UFERSA em Angicos-RN**, 2012. (Irrigação e Drenagem) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

7. BATISTA, R. O.; LEMOS FILHO, L. C. A.; **SILVA, P. C. M.** Participação em banca de Ian Crisóstomo Bezerra Dutra. **Desenvolvimento e Avaliação de Sistemas Para Tretamento e Aproveitamento de Água**

Cinza na Produção de Gramínea em Ambientes Rurais do Semiárido, 2012. (Irrigação e Drenagem) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

8. SILVA JUNIOR, M. J.; DUTRA, I.; **SILVA, P. C. M.** Participação em banca de Paula Carneiro Viana. **Fertirrigação Controlada por Íons da Solução do Solo na Melancieira Cultivada em Cambiissolo**, 2012 (Irrigação e Drenagem) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

9. SILVA JUNIOR, M. J.; PORDEUS, Roberto Vieira; **SILVA, P. C. M.** Participação em banca de Saulo Samuel Carneiro Praxedes. **Monitoramento da Distribuição Espacial da Composição Química do Solo em Barragens Subterrâneas de Uso na Agricultura Famíliar**, 2012. (Irrigação e Drenagem) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

10. LEMOS FILHO, L. C. A.; SILVA, P. C. M.; BATISTA, R. O.
Participação em banca de Anderson Chaves Mourão. **Variabilidade Escapcial da Salinidade em Solo Cultivado com Videira Irrigada no Vale do São Francisco em Petrolina, PE**, 2012
(Irrigação e Drenagem) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

11. SOUZA, W. R. N.; CASTRO, A. F.; **SILVA, P. C. M.**; Pereira, M. Participação em banca de WILLAMYS RANGEL NUNES DE SOUZA. **Definição e Implementação de Métricas para Mineração de Imagens aplicadas à identificação de processos de Desertificação**, 2011. (Programa de Pós Graduação em Ciência da Computação) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

12. GROSMANN, D.; CASTRO, A. F.; Pereira, M.; **SILVA, P. C. M.** Participação em banca de DIEGO GROSMANN. **Percorrimento Ótimo de Áreas Agrícolas Aplicando uma Adaptação da Heurística OGI-SPT"**, 2011. (Programa de Pós Graduação em Ciência da Computação) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

7.3.5 Trabalho de conclusão de curso de Espacialização.

1. SILVA JUNIOR, M. J.; **SILVA, P.C.M.**; FIGUEIREDO, V. B. Participação em banca de Francisco Gomes Câmara Neto. **Análise de cadastro ambiental avaliado a partir de duas regras topoplógicas**, 2019. (Espéciallização em Geoprocessamento e Georreferenciamento) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

2. **SILVA, P.C.M.**; MARTINS, A. Participação em banca de Antônio Aldíseo Carlos Júnior. **Uso de Geotecnologia na Determinação das Áreas de Preservação Permanente de Topo de Morro e Encostas da Microrregião de Umarizal**, 2013. (Especialização em Gestão Ambiental) Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

3. SILVA, P. C. M.; CAMACHO, R. G. V.; FILGUEIRA, R. F. Participação

em banca de ALEXSANDRA BEZERRA DA ROCHA. **APLICAÇÃO DO DIAGNÓSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA – DFC NA**, 2008. (Espcailaização em Geografia do Nordeste) Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

7.3.6 Trabalho de conclusão de curso de graduação

1. GUEDES, M. J. F.; MEDEIROS, A. G.; **SILVA, P.C.M.** Participação em banca de Maria Aline Souza Silva. **Proposta de distribuição espacial de pontos de entrega valunatária de resíduos de construção civil**, 2020 (Engenharia Civil) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

2. GUEDES, M. J. F.; MEDEIROS, A. G.; **SILVA, P.C.M.** Participação em banca de Ellen Maria Sampaio Almeida. **Utilização de veículo aére não tripulado na quantificação de áreas de deposição inadequada de resíduos da cosntrução civil**, 2020. (Engenharia Civil) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

3. SILVA, P. C. M.; Batista, R. O; Pinto, C. H. C. Participação em banca de Joel Medeiros Bezerra. **Diagnóstico ambiental e análise da concentração de metais pesados de sedimentos no trecho urbano do Rio Apodi-Mossoró em Mossoró-RN**, 2010. (Engenharia Agrícola e Ambiental) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

4. SILVA, P. C. M.; Batista, R. O; Pereira, J. O. Participação em banca de Johnny Wilky Medeiros Medeiros da Silva. **Implementação de Políticas Ambientais na Secretaria de Meio Ambiente e Urbanismo do Municpio**, 2010. (Engenharia Agrícola e Ambiental) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

5. SILVA, P. C. M.; Batista, R. O; CAMACHO, R. G. V. Participação em banca de Laize Batista Medeiros. **Monitoramento da Cobertura Vegetal por Meio do Sensoriamento Remoto de Apodi-RN entre 1999 e 2009**, 2010. (Engenharia Agrícola e Ambiental) Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

6. SILVA, P. C. M.; DIAS, Nildo da Silva; MORAIS, Lindocastro Nogueira de Participação em banca de Igor Rummenigge Alves Noguera. **Análise Juridica e Ambiental de Situações Estudadas por meio de Geoprocessamento**, 2009. (Engenharia Agrícola) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

7. SILVA, P. C. M.; PORDEUS, Roberto Vieira; Lopes, F.L. Participação em banca de Walesca Ferreira de Sousa. **Atividades Desenvolvidas Pelo IBAMA/ESREG com perspectivas de preservação do meio ambiente em Mossoró/RN e região**, 2009. (Engenharia Agrícola) Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

8. MEDEIROS, W. D. A.; GRIGIO, A. M.; **SILVA, P. C. M.** Participação em banca de Gabriela Cynara Minora. **Degradação ambiental no município de Areia Branca/RN, uma analise das atividades petrolíferas, salineira e carcinicultura marinha**, 2009. (gestão Ambiental) Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

9. SILVA, P. C. M.; PORDEUS, Roberto Vieira; Rocha, A. B. Participação em banca de Carlos Thiago da Silveira Lopes Morais. **Diagnóstico ambiental do município de Luis Gomes-RN aplicando geotecnoligia**, 2009. (Engenharia Agrícola) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

10. SILVA, P. C. M.; PORDEUS, Roberto Vieira; Rocha, A. B. Participação em banca de Vinicíos Batista da Mota Leandro. **O uso de geotecnologia na geração de um mapeamento da legislação sobre APPs, Porto do Mangue-RN**, 2009. (Engenharia Agrícola) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

11. SILVA, P. C. M.; PORDEUS, Roberto Vieira; Silva, S. L. Participação em banca de Antônio Aldíseo Carlos Júnior. **Uso de Geotecnologia na Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras da Microregião de Umarizal**, 2009. (Engenharia Agrícola) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

12. SILVA, Isolda Ramalho da; **SILVA, P. C. M.** Participação em banca de Aurpelio Barbosa Cavalcante. **A Melhoria da Prática Pedagógica no Ensino da Ciências Biológicas**, 2008. (Programa Especial de Formação Profissional) Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

13. SILVA, Isolda Ramalho da; **SILVA, P. C. M.** Participação em banca de Maria Izaura Xavier Costa. **A prática Pedagógica Dentro de Uma Visão Crítica Social**, 2008. (Programa Especial de Formação Profissional) Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

14. SILVA, Isolda Ramalho da; **SILVA, P. C. M.**Participação em banca de Francisca Gilma Costa Assunção. **A trajetória de uma Prática Pedagógica Inovadora**, 2008. (Programa Especial de Formação Profissional) Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

15. Gonzaga, M.I.S; SILVA, P. C. M.; Lims, C. B.Participação em banca de Angélica Bezerra. **Avaliação de Atributos de Solo Tratado com Efluentes de Esgoto Tratado**, 2008.(Engeharia Agronômica) Universidade Federal Rural do Semi-Árido

16. SILVA, Isolda Ramalho da; **SILVA, P. C. M.**Participação em banca de Francinete Marques. **Educar ao Longo de Toda Vida**, 2008. (Programa Especial de Formação Profissional) Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

17. SILVA, Isolda Ramalho da; **SILVA, P. C. M.** Participação em banca de Maria Normélia Salviano. **Educar em Busca de Novos Rumos**, 2008.

(Programa Especial de Formação Profissional) Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

18. SILVA, Isolda Ramalho da; **SILVA, P. C. M.** Participação em banca de Francisca Edilma Assunção de Carvalho. **Minha Postura Didática nas Ciências Naturais do Ensino Fundamental**, 2008. (Programa Especial de Formação Profissional) Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

19. SILVA, Isolda Ramalho da; **SILVA, P. C. M.** Participação em banca de Maria Arlete Domingos do Nascimento. **Reflexão Sobre a (Re) Construção do Fazer Pedagógico**, 2008 (Programa Especial de Formação Profissional) Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

20. SILVA, Isolda Ramalho da; **SILVA, P. C. M.** Participação em banca de Roberto Carlos Saores. **Um Novo Olhar Crítico Para Ensino de Biologia**, 2008 (Programa Especial de Formação Profissional) Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

21. SILVA, Isolda Ramalho da; **SILVA, P. C. M.** Participação em banca de Ana Maria Lopes. **Um Novo Olhar Sobre O Ensino Aprendizagem**, 2008 (Programa Especial de Formação Profissional) Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

22. SILVA, Isolda Ramalho da; **SILVA, P. C. M.** Participação em banca de Ioneide Cabral Lopes. **Uma Nova Prática Pedagógica**, 2008 (Programa Especial de Formação Profissional) Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

23. SILVA, Isolda Ramalho da; **SILVA, P. C. M.** Participação em banca de Flávio Jonas Gomes. **Uma Nova Visão do contexto Educacional**, 2008 (Programa Especial de Formação Profissional) Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

24. SILVA, Isolda Ramalho da; **SILVA, P. C. M.** Participação em banca de Cláudia Maria Lopes Cavalcanti de Castro. **Planejamento e a Prética: Recursos Para Enriquecer o Ensino Aprendizagem**, 2007 (Programa Especial de Formação Profissional) Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

25. SILVA, Isolda Ramalho da; **SILVA, P. C. M.** Participação em banca de Luiza Gonzaga Santos da Silva. **Realização de Um Sonho**, 2007 (Programa Especial de Formação Profissional) Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

26. SILVA, Isolda Ramalho da; **SILVA, P. C. M.** Participação em banca de Maria Aparecida Nunes de Oliveira. **Repensando as Relações Entre Docência e Formação Acadêmica em Ciências Biológicas**, 2007 (Programa Especial de Formação Profissional) Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

27. SILVA, Isolda Ramalho da; **SILVA, P. C. M.** Participação em banca de Ana Lúcia dantas Tôrres de Araújo. **Rumos e Desafios na Vida Acadêmica**, 2007 (Programa Especial de Formação Profissional) Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

Concurso de monitoria

7.3.7 Concurso público

1. **Hidrologia, Manejo de Bacias Hidorgráficas e Gestão de Recursos Hídricos**, 2010 Universidade Federal Rural do Semi-Árido

2. **Poluição e Impactos Ambientais, Indicadores de sustentabilidade Ambiental, Tretamento de Resíduos Sólidos Líqueidos e Gasos**, 2009 Universidade Federal Rural do Semi-Árido

8. ATIVIDADE DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA

8.1 PROJETOS

2022 - 2023 Orientação e treinamento para a construção de cadastro técnico multifinalitário (CTM) em municípios de pequeno porte no semiárido potiguar: Ipanguaçu.
Descrição: A construção de um cadastro territorial multifinalitário (CTM), tem funções e característica as fundamentais para alavancar e estimular o desenvolvimento das atividades de gestão e administração eficiente no âmbito das cidades em um país. Por este motivo a capacitação de quadros técnicos municipais e profissionais egressos das instituições de ensino superior nas áreas de engenharia, é fundamental para a popularização do uso múltiplo dos CTMs em ambiente municipal. Neste cenário as geotecnologias tem sido empregadas como ferramentas fundamentais para implantação da ferramenta de CTMs. As tecnologias envolvidas neste processo de construção vão desde insumos de alto custo a ferramentas de custo baixo e acesso livre, podendo ser usado por diversos entes municipais, bastando para isso o acesso à orientação técnica adequada. Desta forma, este projeto visa à capacitação e atuação de estudantes e técnicos municipais no processo de construção de um cadastro territorial multifinalitário (CTM), sendo aplicado ao uma cidade de pequeno porte do semiárido potiguar como modelo, usando para este fim tecnologias de geoprocessamento livres, gratuitas e de baixo custo.
Situação: Concluído Natureza: Projeto de extensão
Alunos envolvidos: Graduação (11); Especialização (1); Doutorado (2);
Integrantes: Paulo Cesar Moura da Silva (Responsável); ; DANIEL CORCINO TAVARES; CAMILA GABRIELLE DE ARAUJO SANTOS; MAX JORRANY DE FRANÇA DANTAS; TEOTÔNIO ANDRADE DE LIMA NETO; MARISTELIO DA CRUZ COSTA; RUDNA ANGELICA VIEIRA DO VALE; ANDREALISON DANTAS BERNARDO.

2021 - 2021 CURSO DE OPERADORES DE AERONAVES NÃO TRIPULADAS – CLASSE 3 PARA OPERADORES DE ÓRGÃOS DE SEGURANÇA PÚBLICA.
Descrição: Este curso foi desenvolvido para atender a demanda do comando da polícia militar no município de Mossoró e na região oeste potiguar do estado brasileiro do Rio Grande do Norte, instruindo agentes de diversas unidades da corporação, tais como Agência de Inteligência do oeste potiguar, Centro Integrado de Operações de Segurança Pública (CIOSP) e demais unidades que atuam na área de segurança pública na região. Torna-se necessário a qualificação de agentes no uso de equipamento do tipo RPA ("Remotely Piloted Aircraft") popularmente conhecidos como "Drones", para auxílio nas ações na área de segurança pública. Repassando conhecimentos na área de aeronáutica que propicie a execução das missões e funções com a segurança e eficiência necessárias no uso dos equipamentos e agentes envolvidos.
Situação: Concluído Natureza: Projeto de extensão
Alunos envolvidos: Graduação (12); Doutorado (3);
Integrantes: Paulo Cesar Moura da Silva (Responsável); ; Daniela da Costa Leite Coelho; SAULO TASSO ARAUJO DA SILVA; DANIEL CORCINO TAVARES; GABRIEL COSTA SANTOS.

2020 - 2020 I Open Network em Geotecnologias - ONGeo
Descrição: O I Open Network em Geotecnologias - ONGeo, é um evento promovido pelo Curso de Especialização em Geoprocessamento e Georreferenciamento (CEGG) da UFERSA, campus Mossoró, o qual tem como finalidade proporcionar a inclusão da comunidade acadêmica e externa junto aos atuais e contemporâneos debates a cerca do emprego e uso técnico-científico de ferramentas das geotecnologias nos distintos campos de atuação.
Situação: Concluído Natureza: Projeto de extensão
Alunos envolvidos: Especialização (13); Doutorado (13);
Integrantes: Paulo Cesar Moura da Silva; Joel Medeiros Bezerra (Responsável); JOÃO VITOR ALENCAR ROSA ATAÍDE.

2019 - 2019 Pilotagem e manuseio de Veículos Aéreos não tripulados (VATNS), para agentes de segurança pública no Rio Grande do Norte.
Descrição: Este evento foi desenvolvido para atender demanda do Centro Integrado de Operações de Segurança Pública (CIOSP), ligado a Polícia Militar do Rio Grande do Norte em Mossoró. Solicitado por meio do Oficio 16/2019 emitido pelo comando da unidade em Mossoró. Torna-se necessário que os agentes tenhma conhecimento sobre o uso de equipamento do tipo RPA ("Remotely Piloted Aircraft") popularmente conhecidos como "Drones" e suas atualizações, para auxilio nas ações na área de segurança pública.
Situação: Concluído Natureza: Projeto de extensão
Alunos envolvidos: Graduação (8); Doutorado (3);
Integrantes: Paulo Cesar Moura da Silva (Responsável); Daniela da Costa Leite Coelho; BRUNO RODRIGO SIMAO; PAULO RÉGIS CHAGAS CAVALCANTE.

2019 - 2019 Pilotagem e manuseio de Veículos Aéreos não Tripulados (VATNS), para agentes de segurança pública no Rio Grande do Norte

(segunda turma).
Descrição: Este evento foi desenvolvido para atender demanda do solicitada pelo 12º Batalhõa de policia militar de Mossoró e Agentes do Departamento de Polícia Rodoviária Estadual (DPRE), ligado a Polícia Militar do Rio Grande do Norte em Mossoró. Solicitado por meio de emitido pelo comando das duas unidades em Mossoró. Torna-se necessário, desta forma, que os agentes tenham conhecimento sobre o uso de equipamento do tipo RPA ("Remotely Piloted Aircraft") popularmente conhecidos como "Drones" e suas atualizações, para auxilio nas ações na área de segurança pública.
Situação: Concluído Natureza: Projeto de extensão
Alunos envolvidos: Graduação (3);
Integrantes: Paulo Cesar Moura da Silva (Responsável); Daniela da Costa Leite Coelho; ANA LUIZA VERAS DE SOUZA; ROGERIO TAYGRA VASCONCELOS FERNANDES; LETICIA GABRIELA SARAIVA SILVA DE MEDEIROS; EDUARDO ALVES DE MENDONCA.

2008 - 2009 Uso de Geotecnologia na melhor gestão dos municípios do oeste potiguar
Descrição: Treinamento de técnicos da região oeste do estado, visam o uso de geoprocessamento para auxilio a gestão municipal
Situação: Concluído Natureza: Projeto de extensão
Alunos envolvidos: Graduação (2); Especialização (1);
Integrantes: Paulo Cesar Moura da Silva (Responsável); ; Alexsandra Bezerra da Rocha; Carlos Thiago da Silveira Lopes Morais; Joel Medeiros Bezerra
Financiador(es): Ministério das Cidades-MC, Ministério da Educação-MEC

9. ATIVIDADE DE ADMINISTRAÇÃO

9.1 PARTICIPAÇÕES EM COMISSÕES E CONSELHOS

1. Participação do Conselho Universitário da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), período de 2013 a 2014.

2. Coordenado do Curso de Espacialização em Geoprocessamento e Georreferenciamento da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), período de 2018 a 2024.

3. Coordenado do laboratório de Geoprocessamento do Centro de Engenharias da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), período de 2022 até a presente data.

10. PALAVRAS FINAIS

O presente memorial, como verificado por meio dos dados prestados anteriormente, reflete a busca pela diversificação das áreas de atuação dentro da instituição a qual estou ligado. Procurando atuar em diferentes setores, visando adquirir experiência e qualidades para serem usadas no melhor desenvolvimento da minha função.

Neste período que envolve a minha admissão e atuação profissional, os desafios foram grandes e muitas vezes difíceis de transpor, desde a captação de recursos, dificuldades de acessar equipamentos e estruturas necessários a cumprir a nossa missão, que seja, formar recursos humanos com excelência. Sempre atingindo as condições necessárias as progressões em tempo adequando, a carreira docente deixa o desafio de chegarmos à condição mais elevada, tendo ainda metade da nossa jornada profissional a ser vencida.

Desta forma é notória que usarei toda a experiência obtida nos últimos anos, toda a capacidade de obtenção de recursos na execução de mais projetos de pesquisa e extensão, visando vencer os novos desafios do ensino superior do mundo moderno.

Verificamos que ao longo destes anos de atuação, que devemos diversificar a busca por recursos em outras instituições e atividades, pois se torna a cada dia mais complexo o autofinanciamento do sistema universitário no Brasil, e sendo fundamental o uso de mais ferramentas e contato com outros órgãos que até pouco tempo não eram vistas como fontes viáveis no ensino superior e na atividade de pesquisa e extensão a ser ofertada no processo formativo dos egressos.

Resta neste momento ser grato pela colaboração de inúmeros colegas de profissão, servidores que dedicaram parte do seu tempo a nos ajudar e tornar as nossas ações melhores e mais eficazes, mesmo diante da enorme quantidade de desafios postos a função docente. O agradecimento é extensivo aos alunos e servidores que acreditam nas propostas e ideias que desenvolvemos, e que estão sempre dispostos a buscar um crescimento conjunto e profícuo em favor de suas formações e da sociedade que os cerca.

Esperamos desta forma, estar prontos a continuar nossa trajetória como profissional da educação, muitas vezes criticado, muitas vezes ridicularizado pela sociedade e até mesmo pelos que se beneficiam dos avanços por nós produzidos. Mas com a, sempre viva, sensação de dever cumprido e de missão a ser realizada no restante da nossa carreira profissional.

Mossoró, 26 de agosto de 2024

Dr. Prof. Paulo Cesar Mura da Silva
UFERSA

UNIVERSIADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO – UFERSA
CENTRO DE ENGENHARIAS – CE
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS – DECAM

PAULO CESAR MOURO DA SILVA
Eng. Agrônomo - PROFESSOR ASSOCIADO

**MEMORIAL PARA PROMOÇÃO A CLASSE
DE TITULAR DA CARREIRA DO
MAGISTÉRIO SUPERIOR.**

ANEXOS

1 ANEXOS – Documentos pessoais

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO

PAULO CESAR MOURA DA SILVA

PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA
SECRETARIA NACIONAL DE TRÂNSITO

BR

CARTEIRA NACIONAL DE HABILITAÇÃO / DRIVER LICENSE / PERMISO DE CONDUCCIÓN

2 e 1 NOME E SOBRENOME
PAULO CESAR MOURA DA SILVA

HABILITAÇÃO
05/12/1997

3 DATA, LOCAL E UF DE NASCIMENTO
03/02/1974 AREIA BRANCA - RN

4a DATA EMISSÃO
09/06/2022

4b VALIDADE
08/06/2032

ACC

D

4c DOC IDENTIDADE / ÓRG. EMISSOR / UF
1428077 ITEP RN

4d CPF
913.585.404-97

5 Nº REGISTRO
02284138060

9 CAT. HAB
AB

NACIONALIDADE
BRASILEIRO

FILIAÇÃO
FRANCISCO ALBINO FILHO

MARGARETH SOARES DE MOURA

7 ASSINATURA DO PORTADOR

	9	10	11	12
ACC				
A			08/06/2032	
A1				
B			08/06/2032	
B1				
C				
C1				

	9	10	11	12
D				
D1				
BE				
CE				
C1E				
DE				
D1E				

12 OBSERVAÇÕES
A

JONIELSON PEREIRA DE OLIVEIRA
DIRETOR GERAL - DETRAN RN

ASSINATURA DO EMISSOR

13 LOCAL
NATAL, RN

97545612469
RN711874816

RIO GRANDE DO NORTE

VÁLIDA EM TODO O TERRITÓRIO NACIONAL

23324431172

FRENTE E VERSO INSEPARÁVEIS

23324431172

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

TÍTULO ELEITORAL

IDENTIFICAÇÃO BIOMÉTRICA

NOME DO ELEITOR

PAULO CESAR MOURA DA SILVA

DATA DE NASCIMENTO	Nº INSCRIÇÃO	DV	ZONA	SEÇÃO
03/02/1974	0155 7264 1619		032	0126

MUNICÍPIO / UF	DATA DE EMISSÃO
AREIA BRANCA/RN	30/09/2013

JUIZ ELEITORAL

Dr. AMÍLCAR MAIA

Presidente do TRE/RN

VÁLIDO SOMENTE COM A IMPRESSÃO DATILOSCÓPICA EITORAL

2 ANEXOS – Diplomas

República Federativa do Brasil
Ministério da Educação
Universidade Federal de Campina Grande

Diploma

O Reitor da Universidade Federal de Campina Grande confere a **PAULO CESAR MOURA DA SILVA,** brasileiro, natural de ARÉIA BRANCA -RN, nascido em 03 de fevereiro de 1974, identidade nº. 1.428.077-SSP/RN, o presente Diploma de **DOUTOR** em **RECURSOS NATURAIS** tendo em vista que satisfez a todas as exigências pertinentes a esse grau, estabelecidas no Estatuto e Regimento Geral desta Universidade, para que possa gozar de todos os direitos e prerrogativas concedidas pela legislação vigente.

Reitoria da Universidade Federal de Campina Grande, 17 de maio de 2006.

Paulo Cesar Moura da Silva

Diplomado

Coordenador de Pós-Graduação

Pró-Reitor de Pós-Graduação e Pesquisa

República Federativa do Brasil
Ministério da Educação e do Desporto

Escola Superior de Agricultura de Mossoró

O diretor da Escola Superior de Agricultura de Mossoró, no uso de suas atribuições e tendo em vista a conclusão do curso de Agronomia, em 09 de Janeiro de 1999, confere o título de **Engenheiro Agrônomo** a

Paulo Cesar Moura da Silva

brasileiro, natural de Areia Branca - RN, nascido em 3 de Fevereiro de 1.974, Cédula de Identidade 1.428.077 ITEP-RN e outorga-lhe o presente Diploma, a fim de que possa gozar de todos os direitos e prerrogativas legais.

Mossoró-RN, 6 de Abril de 1.999.

Secretário

Diretor

Paulo Cesar Moura da Silva
Diplomado

República Federativa do Brasil
Ministério da Educação
Universidade Federal da Paraíba

Diploma

O Reitor da Universidade Federal da Paraíba confere a **PAULO CESAR MOURA DA SILVA,** brasileiro, natural de Areia Branca-RN, nascido em 03 de fevereiro de 1974, identidade nº 1.428.077-SSP/RN, o presente Diploma de **MESTRE** em **ENGENHARIA AGRÍCOLA,** tendo em vista que satisfez a todas as exigências pertinentes a esse grau, estabelecidas no Estatuto e Regimento Geral desta Universidade, para que possa gozar de todos os direitos e prerrogativas concedidas pela legislação vigente.

Reitoria da Universidade Federal da Paraíba, 20 de fevereiro de 2003.

Diplomado

Coordenador Geral de Pós-Graduação

Pró-Reitor de Pós-Graduação e Pesquisa

3 ANEXOS – Artigos

Agropecuária Técnica • v.27, n.1, 2006
ISSN 0100-7467 — Areia, PB, CCA/UFPB

AVALIAÇÃO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM SOLO DO PERÍMETRO IRRIGADO DE PETROLINA, PE[1]

PAULO CESAR MOURA DA SILVA[2], LÚCIA HELENA GARÓFALO CHAVES[3]

[1] Parte da dissertação do primeiro autor, apresentada à Universidade Federal da Paraíba como exigência para obtenção do grau de "Magister Scientiae"

[2] Engenheiro Agrônomo, *paulo.moura@oi.com.br*
[3] Professora Titular do Departamento de Engenharia Agrícola, Centro de Ciências e Tecnologia, UFCG, Caixa Postal 10078, CEP 58109-970, Campina Grande (PB), *lhgarofalo@hotmail.com*

RESUMO

A homogeneidade dos teores dos nutrientes e de outras características do solo favorece o manejo do solo, os tratos culturais e irrigação, mas raramente isto acontece causando transtornos na exploração e perda de produtividade nas culturas. Neste contexto, o experimento foi conduzido no Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, Petrolina, PE, em uma área de 200 hectares correspondentes à Extensão Maria Tereza, visando avaliar a variabilidade espacial dos atributos químicos relacionados à reação do solo da referida área. Foram amostrados 70 pontos com espaçamento irregular, coletando-se em duas profundidades de solo (0 – 0,3 m e de 0,3 – 0,6 m). Nas amostras de solo foram determinados o pH, cálcio, magnésio e alumínio. As maiores variabilidades, medidas por meio do coeficiente de variação, foram observadas para os teores de alumínio, cálcio e magnésio, enquanto que o pH apresentou baixa variabilidade. A análise de dependência espacial mostrou que nas duas profundidades estudadas, o pH e o cálcio apresentaram forte correlação espacial enquanto o magnésio e o alumínio apresentaram correlação espacial moderada. O modelo ajustado aos dados de pH e de alumínio foi do tipo exponencial, enquanto que aos dados de cálcio e magnésio foi do tipo esférico, na camada superficial. Na camada subsuperficial, o modelo ajustado aos dados de pH e magnésio foi do tipo exponencial enquanto que aos dados de cálcio e alumínio foi ajustado um modelo esférico. Os maiores valores do alcance foram observados na profundidade de 0,3 – 0,6 m para pH e alumínio, enquanto cálcio e magnésio apresentaram maior valor de alcance na camada mais superficial.

Palavras-chave: reação do solo, análises de solo, estatística descritiva, geoestatística

SPATIAL VARIABILITY OF CHEMICAL ATTRIBUTES IN A SOIL OF AN IRRIGATED PERIMETER IN PETROLINA, PE

ABSTRACT

The homogeneity of nutrient levels and other soil characteristics favors the management of soil, crop treatments and irrigation. Since homogeneity rarely occurs, there is great influence on crop exploration and yield. In this context, the experiment was conducted in the Irrigated Perimeter Senador Nilo Coelho, Petrolina, PE, in an area of 200 hectares corresponding to the "Extensão Maria Tereza". The objective was to evaluate the spatial variability of chemical properties that are related to soil reaction in this area. Seventy-one points were sampled with irregular spacing, at two soil depths (0 – 0.3 m and 0.3 – 0.6 m). In the soil samples it was determined pH, calcium, magnesium and aluminum contents. The coefficients of variation indicated that the largest variabilities were observed for aluminum, calcium and magnesium contents, while pH presented low variability. The analysis of spatial dependence showed that pH and calcium presented strong spatial dependence at the two depths, whereas magnesium and aluminum presented moderate spatial dependence. In the surface layer, the model adjusted for pH and aluminum data was exponential, while it was spherical for calcium and magnesium data. In the subsurface layer, the model adjusted for pH and magnesium data was exponential, while it was spherical for calcium and aluminum data. The greater values of soil reach were observed in the depth of 0.3 – 0.6 m both for pH and aluminum, while calcium and magnesium presented greater values of reach in the superficial layer.

Key words: soil reaction, soil analysis, descriptive statistics, geostatistics

INTRODUÇÃO

Os solos, por serem formados pela ação dos fatores material de origem, clima, relevo, organismos e tempo (Jenny, 1941), e manejados de diferentes formas, apresentam grande variabilidade nas suas propriedades, sejam estas físicas ou químicas, tanto durante um intervalo qualquer de tempo quanto em um determinado espaço analisado. Segundo Sousa (1998), essa variabilidade tem implicações no que diz respeito às fertilizações, calagem e recuperação dos solos, já que as recomendações técnicas para essas práticas estão baseadas em valores médios das análises de solo.

O termo reação do solo expressa as condições em que ele se encontra, em termos de acidez ou alcalinidade. A reação do solo, avaliada pelo pH do solo, influencia, dentre vários processos físicos, químicos e biológicos, a disponibilidade dos elementos químicos existentes no solo e, conseqüentemente, a produção agrícola. Assim, a presença de cálcio, magnésio e alumínio nos solos, em teores variados, está relacionada com a reação do solo. Devido a isto, é necessário conhecer e quantificar as variações dessa reação, tanto horizontal como verticalmente.

A variabilidade do solo pode ser avaliada por meio de técnicas estatísticas descritivas, que não levam em consideração a estrutura espacial existente, e por meio de técnicas geoestatísticas, que verificam a relação espacial existente entre as várias amostras de uma mesma área. Por meio dessa técnica vários autores têm mostrado que a variabilidade do solo não é puramente aleatória, apresentando correlação ou dependência espacial (Vieira et al., 1981; Vieira et al., 1983; Trangmar et al., 1985; Souza et al., 1998; Salviano et al., 1998; Oliveira et al., 1999 e Berg e Oliveira, 2000).

O estudo da variabilidade espacial de propriedades do solo tem grande importância não só na escolha de uma área experimental, locação das unidades experimentais, coleta de amostras e interpretação de resultados, mas também no levantamento e classificação e nos esquemas de uso racional de corretivos.

A área denominada Extensão Maria Tereza, recentemente incorporada àquela já irrigada no Perímetro Senador Nilo Coelho, em Petrolina-PE, foi loteada e entregue aos colonos para ser explorada com culturas perenes e culturas anuais (CODEVASF, 1999). Essa área, antes nunca explorada, carece de informações agronômicas para dar subsídio aos colonos. Portanto, o conhecimento da variabilidade espacial dos atributos químicos do solo da referida área, pode ser determinante para um melhor diagnóstico dos prováveis problemas e para a adoção quantitativa de corretivos para a área. Nesse contexto a geoestatística se apresenta como uma ferramenta adicional, que leva em consideração a distribuição espacial das amostras, permitindo definir a correlação espacial entre elas, podendo esta ser verificada através das semivariâncias (Carvalho et al., 2003; Zimback, 2001).

Pelo exposto o presente trabalho teve por objetivos determinar a distribuição de freqüência, a variabilidade e a dependência espacial dos atributos químicos relacionados à reação de seu solo visando fornecer subsídios para o planejamento da exploração agrícola a ser instalada na referida área no que diz respeito a correção da reação do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida em uma área do Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho denominada "Extensão Maria Tereza", localizada no município de Petrolina, PE, o qual é administrado pela Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF, 1999). A área situada nas coordenadas 09° 09' S e 40° 22' W é composta por 574 lotes de diferentes tamanhos, totalizando 4.712 ha. A unidade experimental correspondeu a uma área de 200 ha localizada no núcleo de colonização 19, o qual é formado por 10 lotes irrigados e uma área de sequeiro com predominância de ALISSOLO HIPOCRÔMICO Argilúvico relevo plano (EMBRAPA, 1999).

Utilizando-se a planta baixa dos lotes experimentais, procedeu-se a plotagem dos pontos de coleta em um sistema de coordenadas x (norte) e y (leste) em um mapa elaborado na escala 1:10.000. Foram coletadas amostras em 70 pontos distribuídos na área de estudo conforme a representação da Figura 1. Em cada ponto foram coletadas amostras do solo nas profundidades de 0 a 0,3 m e de 0,3 a 0,6 m. As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Irrigação e Salinidade da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, onde, depois de secas ao ar e passadas em peneira com malha de 2 mm de abertura, foram analisadas quimicamen-

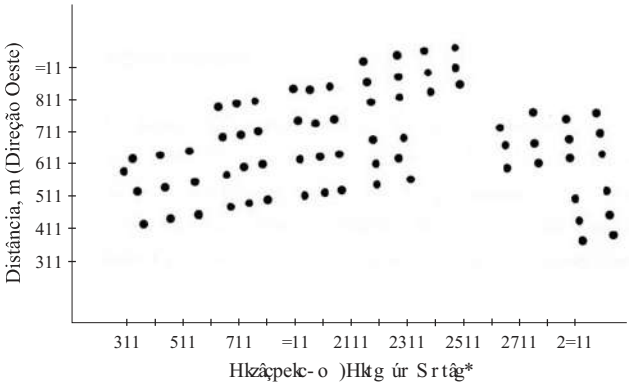


Figura 1. Distribuição dos pontos de coleta das amostras de solo na unidade experimental

te, determinando-se pH em água (1:2,5), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e alumínio (Al^{3+}) trocáveis, utilizando métodos analíticos descritos por EMBRAPA (1997).

A variabilidade dos atributos químicos do solo foi, primeiramente, avaliada pela análise exploratória dos dados calculando-se a média, valores máximo e mínimo, coeficiente de curtose e coeficiente de variação (CV). De acordo com os valores de CV, essa variabilidade foi classificada como baixa (CV < 12%), média (12 < CV < 62%) e alta (CV > 62%) (Warrick e Nielsen, 1980). Avaliou-se também a distribuição de freqüência dos dados, verificando se seguiam a distribuição normal ou lognormal. A hipótese de normalidade dos dados foi testada pelo teste de Komolgorov-Smirnov (KS) a 1% de probabilidade. Esse teste consiste no cálculo das diferenças entre as probabilidades da variável normal reduzida e as probabilidades acumuladas dos dados experimentais (Costa Neto, 1997). Se o valor calculado for menor que o tabelado, a distribuição experimental é aceita como sendo normal. Como o número de amostras (n) utilizadas foi maior que 50, calculou-se KS pela equação:

$$Mb\ \gamma\ \sqrt{\frac{= np\left(\frac{s}{3}\right)}{3\ p}} \qquad (1)$$

donde:

KS – diferença máxima admitida entre a curva experimental e a teórica

p – nível de significância escolhido

n – número de dados amostrados.

A análise da dependência espacial foi avaliada por meio da geoestatística calculando-se a semivariância. A análise geoestatística baseia-se na suposição de que medições separadas por distâncias pequenas são mais semelhantes umas às outras do que aquelas separadas por distâncias maiores. A semivariância é estimada por meio da seguinte expressão:

$$\gamma,)j * A\ \frac{2}{3\ S_k(j)} \sum_{l=2}^{Sk(j)} [\tilde{a}(z_k) - \tilde{a}(z_k + j)]^3 \qquad (2)$$

em que: N(h) é o número de pares de pontos $z(s_i)$ e $z(s_i + h)$, separados por uma distância h, informando quão diferentes tornam-se os valores em função de h (Couto et al., 2000). Comumente, o semivariograma é representado pelo gráfico de ≤*(h) versus h. Para os semivariogramas que apresentaram estrutura de dependência espacial, ajustou-se um modelo matemático aos valores calculados de ≤*(h) e foram definidos os coeficientes do modelo teórico para o semivariograma, ou seja, o efeito pepita, C_o, o patamar, $C_o + C$, e o alcance "a" de dependência espacial (Couto et al., 2000).

O efeito pepita reflete a variabilidade não explicada ou variação não detectada em função da distância da amostragem utilizada (Queiroz et al., 1997); o valor do alcance "a" indica a zona de influência de uma amostra, ou seja, define a distância máxima até onde o valor de uma variável possui relação de dependência espacial com o seu próximo (Guerra, 1988); o patamar segundo Guerra (1988) representa as diferenças espaciais entre os valores de uma variável tomada em dois pontos separados por distâncias cada vez maiores; o somatório do efeito pepita com o da componente espacial, denominado patamar "$C_o + C$", representa o valor no qual a variância dos pontos atinge a estabilidade e a porcentagem do efeito pepita em relação ao patamar, ou seja, [(C_o / C_o + C) x 100], indica o grau de dependência espacial das variáveis estudadas (Trangmar et al., 1985).

Para analisar o grau de dependência espacial das variáveis em estudo, utilizou-se a classificação de Cambardella et al. (1994), em que são considerados de dependência espacial forte os semivariogramas que têm um efeito pepita ⟨ 25% do patamar, de dependência espacial moderada quando o efeito pepita está entre 25 e 75% e de dependência espacial fraca quando o efeito pepita é > 75%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de pH das amostras de solo coletadas na profundidade de 0 – 0,3 m, classificados conforme Lopes e Guidolin (1989) variaram de 4,28 (acidez elevada) a 7,60 (alcalinidade fraca) e de 4,28 (acidez elevada) a 6,90 (acidez fraca) na profundidade de 0,3 – 0,6 m (Tabela 1). No entanto, os valores das médias, 5,31 e 5,03, respectivamente nas profundidades de 0 – 0,3 m e 0,3 – 0,6 m, mostraram que, na área experimental predomina solo com acidez média. Com base na Figura 1 e nos valores de pH das amostras analisadas, constatou-se que aquelas que apresentam acidez elevada foram coletadas entre 200 e 400 m (Distância Norte) e entre 1400 a 2000 m (Distância Norte), ou seja, nas extremidades da área experimental. Os valores de pH mais elevados correspondem às amostras coletadas entre 400 e 1400 m (Distância Norte). A predominância de acidez média também pode ser observada através dos histogramas dos valores de pH (Figura 2a e 2b), principalmente na profundidade de 0,3 – 0,6 m. Isso implica dizer que, dependendo da cultura a ser implantada na área de estudo, a correção da acidez do solo deverá atingir esta profundidade para ser eficaz.

Analisando o comportamento do Ca^{2+}, nota-se que os teores do elemento variaram de 0,47 a 2,30 $cmol_c\ kg^{-1}$ e de 0,39 a 2,58 $cmol_c\ kg^{-1}$ nas profundidades de 0 – 0,3 m e 0,3 – 0,6 m, respectivamente, sendo 1,16 $cmol_c\ kg^{-1}$ e 0,90 $cmol_c\ kg^{-1}$ os valores médios encontrados nessas mesmas profundidades (Tabela 1). De acordo com os limites de teores de Ca^{2+} adotados por diversos laboratórios para classificar o nível do elemento nos solos, ou seja, 0,0 – 1,5 e 1,5 – 4,0 $cmol_c\ kg^{-1}$, como teores baixos e médios (Lopes e Guidolin, 1989), respectivamente, e observando os histogramas dos teores de Ca^{2+} (Figura 2c e 2d), poderia-se dizer que na área em estudo predomina solo com baixos teores do elemento. Isso, no entanto, não permite inferir que as culturas nessa área apresentarão deficiência de Ca^{2+}, uma vez que aqueles limites não correspondem a faixas de disponibilidade do nutriente e segundo Raij (1991), as necessidades de cálcio para a maioria das culturas não são elevadas e os teores existentes nos solos, em geral, são suficientes, mesmo considerando que o limite mínimo do elemento no solo possa estar abaixo de 1 $cmol_c\ dm^{-3}$. Mesmo que na área "Extensão Maria Tereza" sejam implantadas culturas exigentes em Ca^{2+}, dificilmente as mesmas apresentarão deficiência desse elemento, não só pelo que foi comentado acima, mas também porque o Ca^{2+} deverá ser fornecido ao solo através da calagem, necessária para corrigir a acidez do solo.

Em relação ao Mg^{2+}, observa-se que os seus teores variaram de 0,24 a 2,31 $cmol_c\ kg^{-1}$ e de 0,34 a 2,03 $cmol_c\ kg^{-1}$ nas profundidades de 0 – 0,3 m e 0,3 – 0,6 m, respectivamente, com valores médios de 0,94 e 1,04 $cmol_c\ kg^{-1}$, respectivamente (Tabela 1). Sabendo-se que o teor de 0,4 $cmol_c\ dm^{-3}$ desse elemento é considerado suficiente para a maioria das culturas e teores acima de 0,8 $cmol_c\ dm^{-3}$ são considerados altos (Raij, 1991), é possível afirmar que, na maior parte das amostras analisadas, não há deficiência de Mg^{2+}, o que pode ser visualizado na Figura 2 (e, f).

Comparando os teores de Ca^{2+} com os de Mg^{2+}, apesar de serem pequenas as diferenças, o Ca^{2+} supera o Mg^{2+} na camada superficial, o que é comum na maioria dos solos, uma vez que o Ca^{2+} trocável é mais

Tabela 1. Medidas descritivas dos dados de pH, cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio (Al) do solo, nas duas profundidades do solo no perímetro irrigado de Petrolina, PE

Cusnovur	S íerb	S omr	Sãámr	Krfirdrhouf ef xbsrbéçr)A1)(1	Kvsurtf	aftuf MT
			aspgkoelebef ef 1 01-4 n			
r M	6-42	5-39	8-71	21-92c	3-71	1-213, ,
Hb)dn pg i [02]*	2-27	1-58	3-41	45-49n	1-43	1-; ; 7
Oi)dn pg i [02]*	1-; 5	1-35	3-42	51-85n	2-42	1-199, ,
Cm)dn pg i [02]*	1-42	1-11	2-48	216-4; b	2-9;	1-69
			aspgkoelebef ef 1-4 01-7 n			
r M	6-14	5-39	7-; 1	; -96c	4-84	1-4; 2
Hb)dn pg i [02]*	1-; 1	1-4;	3-69	49-8; n	7-56	1-586
Oi)dn pg i [02]*	2-15	1-45	3-14	47-; 7n	01-73	1-389
Cm)dn pg i [02]*	1-64	1-11	2-45	79-97b	1-; 7	1-73

, , Pt ebept tfi xfn eltuslcxléçp opsn bmb 2(ef rspcbcldebef A)[2+] bObmb- cOcblábn On elb

retido no solo que o Mg^{2+} trocável. Na camada subsuperficial o Mg^{2+} supera o Ca^{2+}, o que, segundo Raij (1991), pode ser um indício do intemperismo de minerais contendo Mg^{2+} nesta camada.

Em relação ao Al^{3+}, os valores máximos e mínimos mostraram que, na área estudada, há locais com teores considerados altos – $Al^{3+} > 1$ $cmol_c$ kg^{-1} (Lopes e Guidolin, 1989), e locais onde a presença do elemento não foi constatada, no entanto, na maior parte da área predomina teores baixos do elemento. Na Figura 2 (g, f) pode-se observar que os pontos amostrais com teores elevados de Al^{3+} predominam na camada de 0,3 – 0,6 m de profundidade.

Observando os valores mínimos e máximos encon-

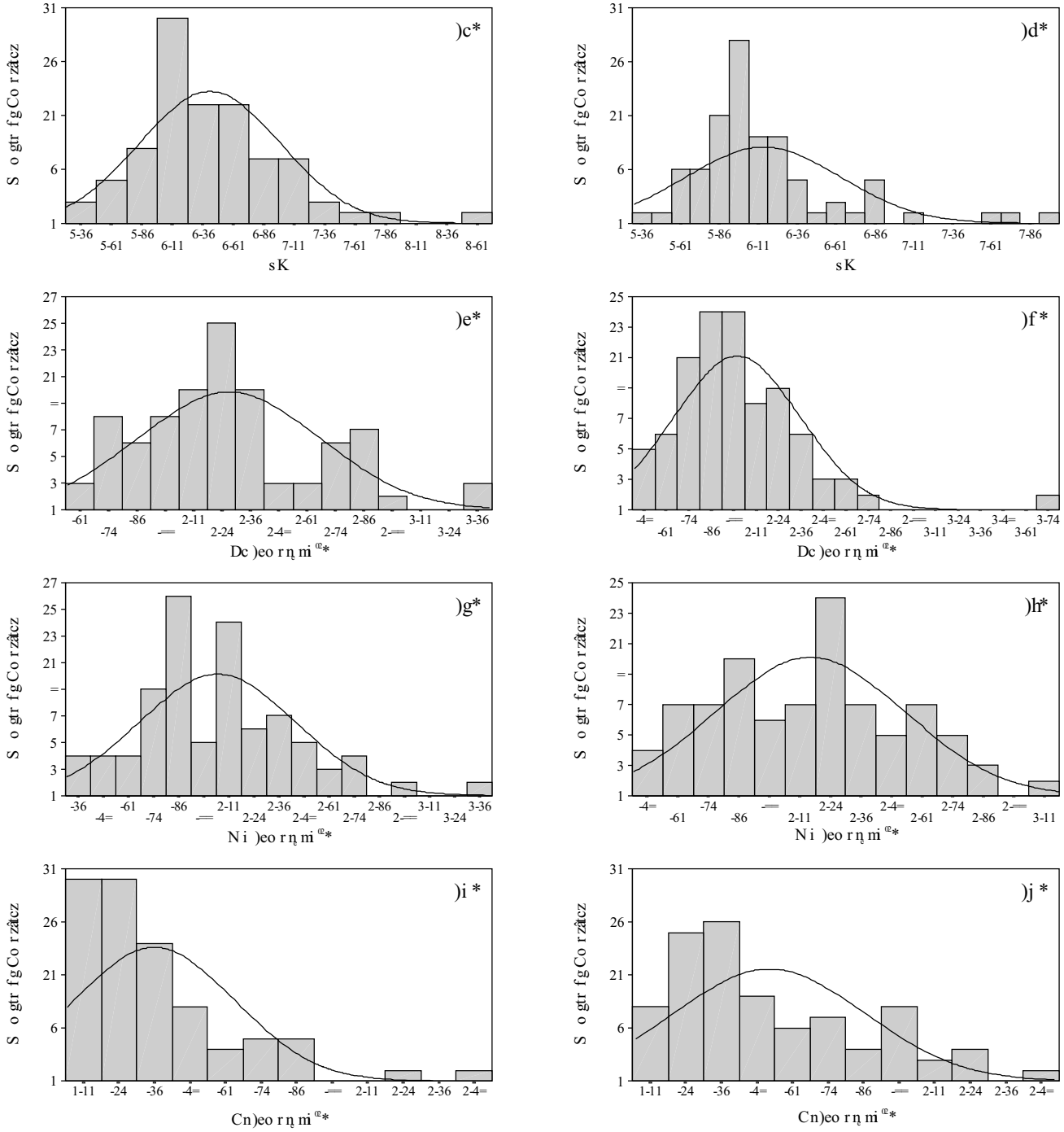


Figura 2. Histogramas dos valores de pH e dos teores de cálcio, magnésio e alumínio, nas profundidades de 0 – 0,3 m (a, c, e, g) e de 0,3 – 0,6 m (b, d, f, h).

trados para as variáveis como um todo, constata-se grande amplitude de variação para as mesmas. No entanto, essa amplitude, segundo Salviano et al. (1998), deve ser avaliada com certas restrições, uma vez que essa medida leva em consideração apenas os dois valores extremos de um conjunto de dados, sendo, muitas vezes, afetada por um valor particularmente discrepante. Provavelmente, foi o que aconteceu para algumas propriedades químicas analisadas neste trabalho, provocando então, uma distribuição assimétrica dos dados à esquerda (Figura 2).

O maior valor de coeficiente de variação (CV) foi para o alumínio trocável, de 105,39% e 68,86%, nas profundidades de 0 – 0,3 m e 0,3 – 0,6 m, respectivamente, mostrando grande variação na área amostrada (Tabela 1). Com base no critério de Warrick e Nielsen (1980), para o pH foi encontrado CV baixo nas duas profundidades, o que foi observado também por Souza et al. (1997), Salviano et al. (1998), Oliveira et al. (1999), Schlindwein e Anghinoni (2000) e Silva et al. (2003). Com exceção do Al^{3+} e do pH, a variabilidade dos dados dos demais atributos químicos, nas duas profundidades, foi classificada como média (Tabela 1), ao contrário do observado por Silva et al. (2003) que encontraram CV baixo para Ca^{2+} e Mg^{2+}.

Apesar de não ter sido encontrado um valor próximo a 3 para os coeficientes de curtose, o que caracteriza distribuição normal dos dados (Spiegel, 1985), o teste KS a 1% de probabilidade indicou a distribuição normal para os dados referentes ao pH e Mg^{2+} da camada superficial (Tabela 1). A distribuição normal dos dados não foi observada para os demais atributos químicos, o que significa dizer que as médias desses dados não são capazes de expressar a tendência central representativa do conjunto dos dados.

Conforme mostra a Tabela 2, o pH e o Ca^{2+} obtiveram um conjunto de dados nos semivariogramas que se ajustaram melhor aos modelos exponencial e esférico, respectivamente, nas duas profundidades. Com relação ao Mg^{2+}, os modelos ajustados foram do tipo esférico e exponencial para as profundidades de 0 – 0,3 m e 0,3 – 0,6 m, respectivamente, concordando com Souza et al. (1998). Quando foram analisados os valores de Al^{3+}, os semivariogramas para as camadas superficial e subsuperficial se ajustaram melhor aos modelos exponencial e esférico, respectivamente.

O efeito pepita reflete a variabilidade não explicada pela dependência ou variação não detectada em função da distância da amostragem utilizada, como variações locais, erros de análise, erros de amostragem e outros (Guerra, 1988). Como é impossível quantificar a contribuição individual desses erros (Arzeno, 1990), o efeito pepita pode ser expresso como porcentagem do patamar, facilitando, assim, a comparação do grau de dependência espacial das variáveis em estudo (Trangmar et al., 1985).

Considerando a classificação proposta por Cambardella et al. (1994), observa-se na Tabela 2, que na camada superficial, com exceção do Mg^{2+}, os demais elementos estudados apresentaram uma forte dependência espacial, uma vez que os valores do efeito pepita foram menores que 25% do patamar. Já na camada subsuperficial, apenas o pH e o Ca^{2+} apresentaram uma forte dependência espacial; o Mg^{2+} e o Al^{3+} apresentaram dependência espacial moderada.

O alcance da dependência espacial é um parâmetro importante no estudo do semivariograma, uma vez que indica a zona de influência de uma amostra, ou seja, define a distância máxima até onde um valor de uma variável possui relação de dependência espacial com o seu próximo (Guerra, 1988). O alcance também é importante para o planejamento e avaliação experimental

Tabela 2. Estimativa dos parâmetros efeito pepita (C_0), patamar ($C_0 + C$), alcance (a), relação efeito pepita/patamar (expressa em porcentagem) dos modelos ajustados aos semivariogramas para as variáveis estudadas nas duas profundidades

Cutldxur	M	M / M	b	]M 0)M / M-a A11	[rei cr
			aspgkoelecef ef 1 01-4 n		
r M	1-1761	1-4761	225-11	28-92	Hér pof odlcm
Ec)dn pm li ce,	1-1286	1-2711	282-11	21-A5	Hug skdp
Pi)dn pm li ce,	1-1629	1-2727	34A-11	43-16	Hug skdp
Cm)dn pm li ce,	1-1113	1-1975	217-11	1-34	Hér pof odlcm
			aspgkoelecef ef 1-4 01-7 n		
r M	1-2621	1-7471	3467-11	34-85	Hér pof odlcm
Ec)dn pm li ce,	1-1112	1-2413	34A-11	1-19	Hug skdp
Pi)dn pm li ce,	1-152A	1-2689	242-11	37-66	Hér pof odlcm
Cm)dn pm li ce,	1-1589	1-2587	2344-11	43-49	Hug skdp

uma vez que pode auxiliar na definição de procedimentos de amostragem (Burgess et al., 1981; McBratney e Webster, 1983). Os valores do alcance obtidos variaram de 106,00 m a 239,00 m na profundidade de 0 – 0,3 m e de 131,00 a 2356,00 m na profundidade de 0,3 – 0,6 m (Tabela 2). Na profundidade de 0 – 0,3 m os alcances para pH, Ca^{2+} e Al^{3+} foram menores em relação àqueles encontrados na profundidade de 0,3 – 0,6 m, indicando, com isso, menor continuidade na distribuição espacial, desses atributos do solo, na camada superficial. Em relação ao Mg^{2+}, o maior valor de alcance foi observado na profundidade de 0 – 0,3 m. Assim, pode-se dizer que para cada atributo químico analisado, todos os pontos situados dentro de um círculo com raio igual a seus respectivos valores de alcance, podem ser usados para estimar valores para qualquer ponto entre eles (Vieira e Lombardi Neto, 1995).

CONCLUSÕES

A acidez do solo da área experimental precisa ser corrigida e, de acordo com a variabilidade dos valores dos atributos químicos relacionados à reação do solo, predominante na área, quantidades maiores de corretivos devem ser aplicados nas regiões compreendidas entre 200 a 400 m e 1400 a 2000 m (Distância Norte) da área amostrada. De acordo com a distribuição espacial dos atributos do solo, em uma futura amostragem de solo da área experimental, os pontos de coleta podem ser distanciados uns dos outros em torno de 100 metros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARZENO, J.L. **Avaliação física de diferentes manejos de solo em um latossolo roxo-distrófico.** 1990. 259f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

BERG, M. VAN DEN, OLIVEIRA, J.B. Variability of apparently homogeneous soilscapes in São Paulo State, Brazil: I. Spatial analysis. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.377-391, 2000.

BURGESS, T.M.; WEBSTER, R.; McBRATNEY, A.B. Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties. IV. Sampling strategy. **Journal Soil Science**, Reading, v.32, p.643-659, 1981.

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVACK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO R. F.; KNOPKA, A.E. Field-scale variability of soil proprieties in central Iowa soils. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.58, p.1240-1248, 1994.

CARVALHO, M.P.; TAKEDA, E.Y.; FREDDI, O.S. Variabilidade espacial de atributos de um solo sob videira em Vitória Brasil (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Viçosa, v.27, n.4, p.695-703, 2003.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DO VALE DO SÃO FRANCISCO – CODEVASF. **Assistência técnica e extensão rural** – ATER. Petrolina, 1999. 84p. Relatório Anual.

COSTA NETO, P.L.O. **Estatística**. 15.ed. São Paulo, Edgard Blucher, 1997. 468p.

COUTO, E.G.; KLAMT, E.; STEIN, A. Estimativa do teor de argila e do potássio trocável em solos esparsamente amostrados no sul do estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Viçosa, v.24, p.129-139, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

GUERRA, P.A.G. **Geoestatística operacional**. Brasília: Ministério das Minas e Energia/ Departamento de Produção Mineral, 1988. 145p.

JENNY, H. **Factors of soil formation**. New York: McGraw-Hill, 1941. 281p.

LOPES, A.S.; GUIDOLIN, J.A. **Interpretação de análise do solo:** conceitos e aplicações. 2.ed. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos, 1989.64p.

McBRATNEY, A.B.; WEBSTER, R. How many observations are needed for regional estimation of soil properties? **Soil Science**, Baltimore, v.135, p.177-183, 1983.

OLIVEIRA, J.J.; CHAVES, L.H.G.; QUEIROZ, J.E.; LUNA, J.G. Variabilidade espacial de propriedades químicas em um solo salino-sódico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.783-789, 1999.

QUEIROZ, J.E.; GONÇALVES, A.C.; SOUTO, J.S.; FOLEGATTI, M.V. Avaliação e monitoramento da salinidade do solo. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB, 1997. p.69-111.

SALVIANO, A.A.C.; VIEIRA, S.R.; SPAROVEK, G. Variabilidade espacial de atributos de solo e de *Crotalaria juncea* L. em área severamente erodida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.115-122, 1998.

SCHLINDWEIN, J.A.; ANGHINONI, I. Variabilidade espacial de atributos de fertilidade e amostragem de solo no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.85-91, 2000.

SILVA, V.R.; REICHERT, J.M.; STORCK, L.; FEIJÓ, S. Variabilidade espacial das características químicas do solo e produtividade de milho em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.1013-1020, 2003.

SOUSA, J.R. **Variabilidade espacial de características físico-hídricas e de água disponível em um solo aluvial no semi-árido Paraibano**. 1998. 68f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

SOUZA, L.S.; COGO, N.P.; VIEIRA, S.R. Variabilidade das propriedades físicas e químicas do solo em pomar de cítros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, p.367-372, 1997.

SOUZA, L.S.; COGO, N.P.; VIEIRA, S.R. Variabilidade de fósforo, potássio e matéria orgânica no solo em relação a sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.77-86, 1998.

SPIEGEL, M.R. **Estatística**. 2.ed. São Paulo: McGraw Hill, 1985. 454p.

TRANGMAR, B.B.; YOST, R.S.; UEHARA, G. Aplications of geoestatistics to spatial studies of soil proprieties. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.38, p.45-94, 1985.

VAN RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação.** Piracicaba: Ceres, 1991. 343p.

VIEIRA, S.R.; NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W. Spatial variability of field-measured infiltration rate. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.45, p.1040-1048, 1981.

VIEIRA, S.R.; HATFIELD, J.L; NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia,** Berkeley, v.51, p.1-75, 1983.

VIEIRA, S.R.; LOMBARDI NETO, F. Variabilidade espacial do potencial de erosão das chuvas do estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.54, p.405-412, 1995.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties. In: HILLEL, D. (Ed.). **Applications of soil physics**. New York: Academic Press, 1980. p.319-344.

ZIMBACK, C.R.L. **Análise espacial de atributos químicos de solo para fins de mapeamento da fertilidade do solo**. 2001. 114f. Tese (Livre Docência em Levantamento do Solo e Fotopedologia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

REVISTA VERDE DE AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
GRUPO VERDE DE AGRICULTURA ALTERNATIVA (GVAA)

ANÁLISE DO PROCESSO DE VERTICALIZAÇÃO NA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ-RN: ASPECTOS JURÍDICOS E AMBIENTAIS

Laílson Sousa de Morais
Bacharel em Gestão Ambiental/UERN
E-mail: lailsonsousa@yahoo.com.br

Paulo César Moura da Silva
Engenheiro Agrônomo/ESAM; Mestre em Eng. Agrícola; Dr. Em Recursos Naturais
E-mail:paulo.moura@oi.com

Wendson Dantas de Araújo Medeiros
Bacharel e Licenciado em Geografia/UFRN; Mestre em Geociências Profº. Assistente UERN

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo analisar a distribuição espacial do processo de verticalização na área urbana do município de Mossoró-RN frente à legislação urbanística e ambiental do município e suas possíveis implicações ambientais, utilizando técnicas de geoprocessamento e análise espacial com base em informações geográficas (SIG), a partir de dados obtidos da observação "*in loco*" e dados cadastrais obtidos junto à Gerência Executiva do Desenvolvimento Urbanístico da Prefeitura de Mossoró. Foi constatada a existência de edificações em desconformidade com os dispositivos expressos tanto no Plano Diretor Municipal, Lei nº. 012/06 como no Código de Obras, Lei nº. 01/75, principalmente, no que se refere as áreas especiais e zonas urbanas, respectivamente, vindo deste modo reforçar o atendimento a parâmetros de uso e ocupação do solo no processo de expansão urbana da cidade sendo devidamente fiscalizado pelos órgãos competentes com vistas a melhor compatibilizar os usos do solo com a proteção do meio ambiente natural e construído, evitando-se assim, o agravamento de futuras distorções no processo de expansão urbana da cidade.

Palavras-chave: Verticalização, análise ambiental, legislação urbanística e ambiental.

ANALYSIS OF THE PROCESS OF VERTICALISATION IN THE URBAN AREA OF THE MUNICIPALITY OF MOSSORÓ-RN: LEGAL ASPECTS AND ENVIRONMENTAL

The objective of the present work was to analyze the space distribution of the process verticalization in the urban area of Mossoró municipal district, in agreement with its urban and environment legislations and its possible environment effects using geoprocessing technique and programs specialized in spacial analyze with base in geographics informations (GIS) through data get in field observations and informations get joined the Executive Gerency of urbanistic development Mossoró prefecture. It was verified buildings in disagreement with the expressed device so much in the Municipal Director Plan Law nº. 012/06 such as in the Code of Works Law nº. 01/75 mainly what its refers the special area's and urban zone's respectively being great important the accomplishment of the parameters's use and occupation of soil it's very important for the expansion process urban city's and needs to be looked and fiscalized by competent organs for the better balance use of soils with the natural protection and built environment being avoided so the worsening of the future problems in the expansion urban process of the city.

Keywords: verticalization, environment analyze, urbanistic and environment legislation.

INTRODUÇÃO

No processo de urbanização o grande desafio das cidades é o crescimento e o desenvolvimento urbano que proporcionem a geração de riqueza, qualidade de vida e qualidade ambiental para os seus presentes e futuros habitantes (ARAÚJO e CARAM, 2006).

Acompanhando este processo, a expansão urbana – horizontal – das cidades e impulsionada pela ampliação do crédito imobiliário também propiciou a expansão vertical. Colocada como um marco revolucionário na paisagem urbana, a verticalização surge nas cidades como uma nova ideologia, uma nova concepção de morar, onde ter boa localização,

infra-estrutura e segurança passam a ser sinônimo de *"status"* para os segmentos nele inseridos.

O processo de expansão vertical observado na maioria das cidades brasileiras, antes visto apenas nas grandes metrópoles nacionais e regionais, passa agora habitualmente, a ser visto também em cidades médias e até mesmo em pequena, e sugere que seu entendimento esteja contextualizado ao processo de urbanização de uma cidade.

A verticalização seria, então, "o processo de adensamento de determinadas áreas urbanas através da construção de edifícios, ocorrendo geralmente, nas regiões centrais da cidade" (SOUSA e COSTA, 1998).

Analisar a espacialização do processo de verticalização na cidade de Mossoró-RN significa a *priori*, distinguir possíveis diferenciações no processo de transformação espacial, onde "o mapeamento ambiental de impactos ambientais certamente guardará estreita relação com a espacialização diferencial das classes sociais na cidade, peculiar a cada momento de sua história social e política (COELHO, 2005 p.37).

Deste modo ao se analisar o município de Mossoró-RN sob o ponto de vista da legislação e, especificamente, de sua legislação urbanística e ambiental busca-se identificar a existência de possíveis não-conformidades perante a distribuição espacial da população e das atividades econômicas do município, de forma a evitar e corrigir distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente, tendo como referência as características do ambiente natural e construído.

A utilização de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) têm se tornado imprescindível para os estudos ambientais devido a uma série de fatores, como expõem LORINI *et al* (1996), através da incorporação da dimensão espacial dos fenômenos em estudo de forma consistente e definitiva; trabalhando a natureza complexa e multidisciplinar das variáveis facilitando a análise integradora; aperfeiçoando o tempo e forma de obtenção de informações analíticas e sintéticas tornando mais robusto o apoio às decisões; gerando informações simultaneamente precisas e de fácil compreensão melhorando a cooperação institucional e privada.

METODOLOGIA

Caracterização da área

O município de Mossoró-RN localiza-se na Messorregião Oeste Potiguar e na microrregião Mossoró, na região Nordeste do Brasil (ver figura 01). Possui uma área territorial de 2.110, 21 km², equivalente a 3,96% da superfície estadual. A sede do município tem uma altitude média de 16 m e está localizada sob coordenadas geográficas 5° 11' 15'' latitude Sul e 37° 20' 39'' longitude Oeste (IDEMA, 1999).

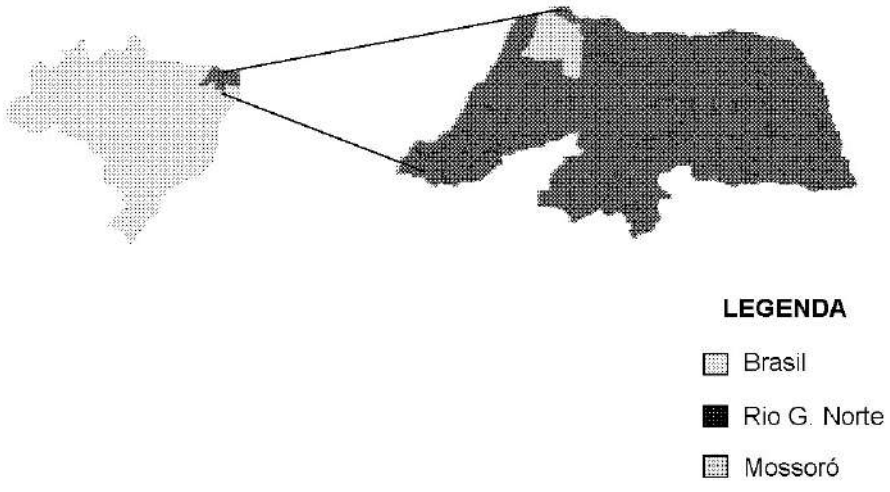


Figura 01: Mapa de localização da área de estudo.

Clima

O clima na região de Mossoró é predominantemente semi-árido, segundo a classificação de KÖPPEN. É do tipo BSw'h' seco muito quente, com a estação chuvosa concentrada entre o verão e o outono, apresentando uma estação seca de 8 a 9 meses, com regime de chuvas irregulares. A distribuição das precipitações é muito irregular durante todo o ano (TEÓDULO, 2004).

O período chuvoso ocorre entre os meses de fevereiro a abril com temperaturas médias anuais variando de 27,4° C acompanhada de uma umidade

relativa média anual de 70% (setenta por cento) e 2.700 horas de insolação (IDEMA, 1999; SEMARH, 2007). As direções predominantes dos ventos são Sudeste e Nordeste e as de menor predominância, Noroeste e Oeste (ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA DAUFERSA, 2007).

Geologia

O município de Mossoró-RN encontra-se assentado na área de abrangência da Bacia Potiguar e do Grupo Barreiras, onde predominam calcarenitos e calcilutitos bioclásticos, cinza claros e amarelado, com níveis evaporíticos na base, depositados em extensa planície de maré e numa plataforma rasa da Formação Jandaíra (Grupo Apodi) de idade Cretácea de 80 milhões de anos (IDEMA, 1999).

Pertencente ao Grupo Apodi, a Formação Jandaíra constitui-se em uma seqüência carbonática repousando concordantemente sobre o arenito Açu, encontrando-se parcialmente recoberto na porção emersa da bacia pelas rochas da Formação Barreiras e, a Formação Açu (Grupo Apodi), constituída por espessas seqüências de arenitos que variam de muito finos a conglomeráticos, intercaladas por folhelhos, siltitos e argilitos (TEÓDULO, 2004).

Na porção Norte, predominam os sedimentos inconsolidados do Grupo Barreiras de Idade Terciária, representada por arenitos, arenitos inconsolidados, conglomerados e argilitos que formam solos arenosos e espessos de coloração amarela e avermelhada. Nos vales dos leitos do rio Apodi-Mossoró encontram-se depósitos aluvionares compostos de areias e cascalhos, com intercalações pelíticas, associados aos sistemas fluviais atuais, formando uma planície fluvial, área plana resultante da acumulação fluvial sujeita a inundações periódicas (IDEMA,1999).

Relevo

Embora a sede do município esteja situada a de 16 m de altitude, o relevo apresenta uma altitude média de 100 metros, onde estão presentes a Chapada do Apodi, superfície aplainada com relevo plano e suavemente ondulado (RADAMBRASIL *apud* TEÓDULO, 2004), formadas por terrenos sedimentares cortados pelos rios Apodi-Mossoró e Piranhas-Assu; as Planícies Fluviais, terrenos baixos e planos situados às margens dos rios; Depressão sub-litorânea, terrenos rebaixados localizados entre duas formas de relevo de maior altitude e a Depressão Sertaneja, terrenos baixos situados entre as partes altas do Planalto da Borborema e da Chapada do Apodi (IDEMA, 1999).

2.5. Solos

Dentre os solos e, de acordo com a nova classificação de solos da EMBRAPA, predominam o Cambissolos, solo de alta fertilidade de textura argilosa, geralmente rasos, moderadamente drenado e de relevo plano com predominância de caatinga hiperxerófila; Chernossolos também de alta fertilidade, textura argilosa, moderado, imperfeitamente drenado e relevo plano e o Latossolos ocorrendo em relevo com pequena declividade, na ocorrência de vegetação é composta por caatinga hiperxerófila com predominância arbórea, possui fertilidade média a alta e é extremamente drenado (IDEMA, 1999).

Recursos Hídricos: Hidrogeologia e Hidrografia

O município de Mossoró encontra-se atravessado principalmente pelos rios Apodi-Mossoró e Rio do Carmo, cujos vales se encontram desenvolvidos transversalmente às principais linhas estruturais regionais e, onde os mesmos se apresentam assentados sobre os sedimentos da Formação Açu e da Formação Jandaíra ao aproximar-se do litoral de Areia Branca (TEÓDULO, 2004).

O rio Apodi-Mossoró cruza a cidade na direção SW/NE, possuindo um aspecto sinuoso com diversas lagoas nas proximidades de suas margens, estreitando-se em direção ao centro da cidade.

Segundo dados do IDEMA (1999), a região de Mossoró é composta pelos principais aquíferos:

- O Aqüífero Jandaíra composto dominantemente por calcários, apresenta água geralmente salobra e uma composição química favorável à pequena irrigação, apresentando poços com profundidade média em torno de 8m.
- O Aqüífero Assu ocorre à borda da Bacia Potiguar, apresentando-se livre na sua faixa de afloramento. Possui uma espessura média de 150 m na área de afloramento;

Dentre os recursos superficiais o município ainda apresenta os seguintes riachos: Bonsucesso, Cabelo Negro, São Raimundo, Pai Antônio (IDEMA, 1999).

Vegetação

Devido às características do clima da região como chuvas irregulares e escassas, forte insolação e elevadas taxas de evaporação e evapotranspiração, a vegetação caatinga predomina em sua totalidade no Rio Grande do Norte, estando bem representada por três tipos fitofisionômicos: hiperxerófila – mais seca, mais densa e de maior porte arbóreo, arbóreo-arbustivo; a hiperxerófila subdesértica – com acentuado grau de xerofitismo, ou seja, vegetação seca, rala, de porte baixo, solo pedregoso, raso e pouco fértil; e, a Hipoxerófila – vegetação de menor porte, densidade e menos seca ocupando cerca de 20% da área total do Estado (IDEMA, 1999).

No município de Mossoró-RN foram encontradas na Bacia Hidrográfica, a nível fisionômico, três formas de espécies: árvore, arbusto e erva. Em relação à florística do município destacam-se os carnaubais na composição das matas ciliares. A vegetação arbustiva predomina apresentando-se pouco densa e a flora da caatinga apresentando-se bastante escassa (SOUSA, 2006).

PROCEDIMENTOS

A partir da observação *"in loco"* e de dados cadastrais obtidos junto à Gerência Executiva do Desenvolvimento Urbanístico, buscou-se, inicialmente, identificar as estruturas verticais (edifícios) - a partir de 4 pavimentos - presentes na área urbana do município de Mossoró-RN, sendo estas, posteriormente, georreferenciadas com o apoio de um GPS Garmin de navegação (Global System Position), com projeção UTM e "Datum" planimétrico SAD 69. O "datum" do receptor GPS e do sistema de informações geográficas (SIG) foram sincronizados de modo a reduzir a imprecisão e erros nas leituras e demarcação das posições.

As linhas do perímetro urbano do Município de Mossoró-RN, dos limites estabelecidos para cada área (linha de paleação dos bairros, zona de proteção ambiental, etc.) no formato original do arquivo com extensão *"dwg"*, foram cedidos pela Secretaria de Desenvolvimento Territorial e do Meio Ambiente – SEDETEMA, sendo feitas às devidas modificações e posteriormente, salvos no formato *"dxf"*. Com a este formato foram importadas para o sistema de informações geográficas utilizado e convertidas em formato "shape file" ou extensão "shp".

Para o conjunto dos pontos coletados em cada edificação foi gerado uma planilha no Excel, com as estruturas verticais a partir de 4 pavimentos divididos em colunas cujos os rótulos foram: nomes dos edifícios, seguido respectivamente pelas coordenadas geográficas, depois pela rua, bairro, número de pavimentos, situação, uso e parâmetro.

Com os dados já classificados na planilha, os mesmos foram exportados no formato DBF e importados para programas especializados em análise espacial com base em informações geográficas (SIG). As informações foram convertidas em *"shp"* (arquivos shape) procedendo-se da mesma forma para as quadras. Deste modo, foi possível justapor os dados da verticalização da área urbana do município de Mossoró-RN às suas quadras e bairros, assim como, as áreas e zonas definidas no código de obras do município e no plano diretor.

Em seguida, e como resultado da justaposição desses dados, *"layers"* foram gerados tornado-se possível a elaboração de um banco de dados sobre a distribuição espacial dos edifícios na área urbana do Município de Mossoró-RN, gerando mapas georeferenciados e tabelas de informações expostas a seguir.

Os resultados obtidos foram submetidos a uma análise pelo Código de Obras lei nº. 01/75 e pelo Plano Diretor do Município lei nº. 012/06, respectivamente, ao que se refere às Zonas e Áreas Especiais.

RESULTADOS

O artigo 182 da Constituição Federal atribui ao Poder Público municipal à execução da política de desenvolvimento urbano e torna obrigatório o Plano Diretor para cidades com mais de 20.000 habitantes. O Plano Diretor é assim, um instrumento básico da política de desenvolvimento urbano.

Promulgada em 03/04/1990, a Lei Orgânica do município de Mossoró determina como instrumentos básicos da política urbana, sujeitos a aprovação em leis complementares (por maioria absoluta da Câmara Municipal): o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado, o Código Tributário, o Código Urbanístico, o Código de Zoneamento, o Código de Parcelamento do Solo, o Código de Obras e o Código de Posturas.

Tanto o Código de Obras como o Plano Diretor do Município de Mossoró estabelecem a definição de áreas e zonas, sendo neste caso as zonas pertencentes ao Código e as áreas pertencentes ao Plano, ambas apresentando prescrições normativas quanto ao zoneamento e parcelamento do uso do solo bem como as edificações existentes no município etc.

Temos assim pelo Código de Obras, a zona urbana do município dividida em 11 (onze) zonas e pelo Plano Diretor, 7 (sete) áreas especiais. Cada zona e/ou área com os seus devidos padrões urbanísticos, devendo estes, portanto, serem atendidos conforme as leis e os artigos que os regem.

Analisar-se-à duas situações que não apresentam conformidade com a legislação urbanística do município de Mossoró-RN, tanto ao que se refere ao Código de Obras como ao Plano Diretor do Município.

Pelo Código de Obras do município e, pelo o que define a Zona Comercial Principal, pode-se inferir que, o Centro Comercial Caiçara, localizado na área central da cidade, não atende os parâmetros de uso e ocupação do solo em relação à altura máxima fixada de 20 m, caracterizando-se também como um empreendimento de impacto com mais de 10 lojas, sendo capaz de gerar interferência no tráfego, constante nos artigos 54 e 55, respectivamente do referido Plano Diretor (ver mapa contido na Figura 02).

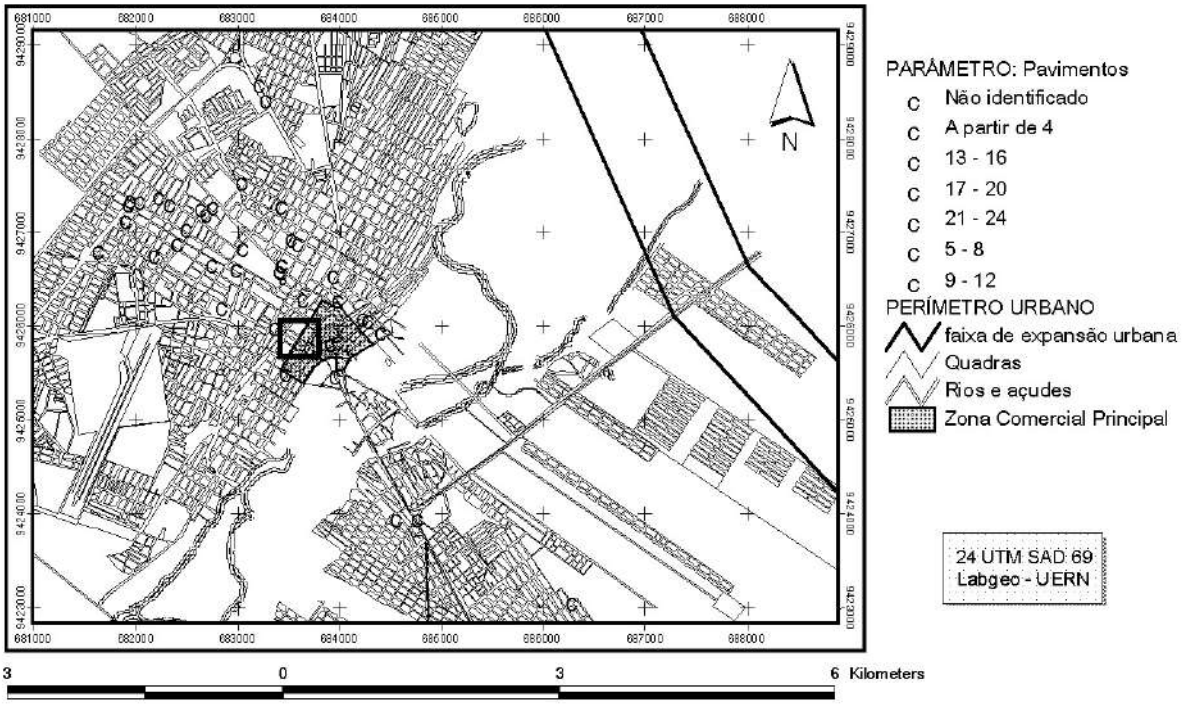


Figura 02: Mapa da distribuição espacial da verticalização na área urbana de Mossoró-RN. Irregularidade em destaque presente na Zona Comercial Principal, centro da cidade.

A segunda situação refere-se ao espaço destinado a construção do Mossoró IBIS Hotel localizado na Praça Duque de Caxias, bairro Ilha de Santa Luzia, que também fere o que rege o Código de Urbanismo e Obras, estando instalado em uma Zona de Proteção Paisagística (ZPP), é proibida a existência de qualquer tipo de habitação nesta zona, seja ela unifamiliar, multifamiliar e popular; comércio em geral, armazéns etc.

Da mesma forma, o Plano Diretor classifica esta área como Área Especial de Preservação Ambiental (AEPA), ficando restrita a usos e ocupações compatíveis com a proteção e recuperação dos mananciais hídricos, aspectos paisagísticos e científicos relativos à proteção da flora, da fauna, do ambiente protegido e do solo (ver mapa contido na Figura 03).

De fato, a cidade de Mossoró-RN teve sua origem e processo de expansão a partir das margens do rio Apodi-Mossoró, beneficiada pela condição geográfica a cidade tornara-se por muito tempo em um entreposto comercial escoando boa parte do que produzia para as demais regiões do Estado e Estados vizinhos. Deste modo, a cidade vem se expandindo cada vez mais, ocupando áreas até então inadequadas perante a legislação ambiental e urbanística.

É interessante ressaltar, e haja vista a evolução e abordagem das legislações de que se dispõe, que o poder público municipal e, no uso de suas competências, permita a reincidência em tal infração acima citada, embora as margens do rio Mossoró já estejam intensamente ocupadas, o que evidencia um cenário de proporções cada vez mais alarmantes.

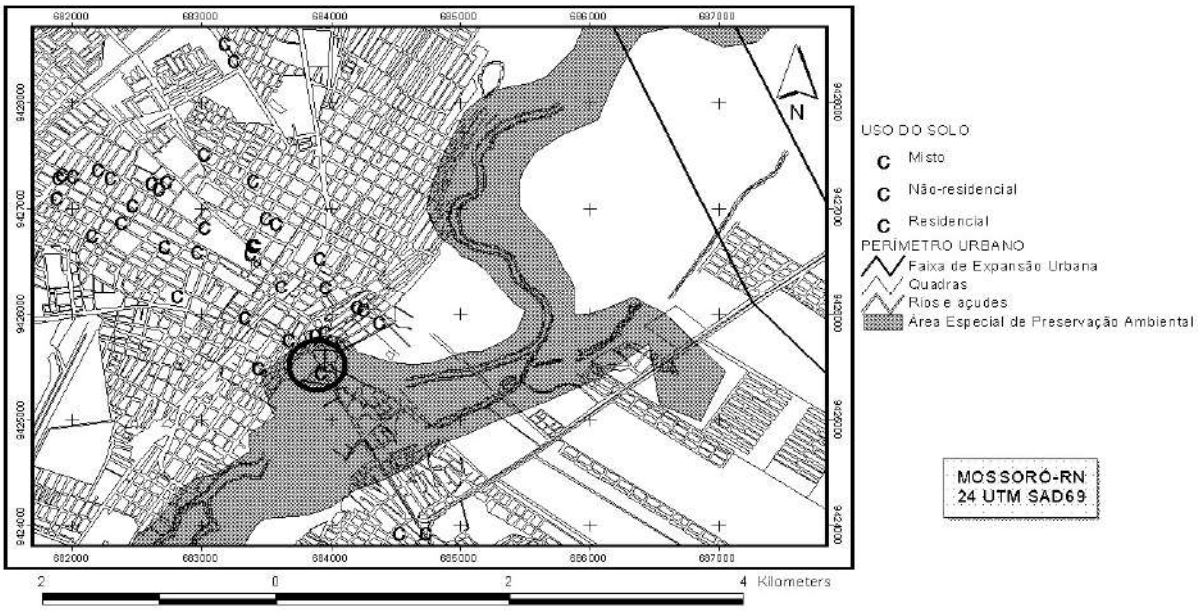


Figura 03 – Mapa da distribuição espacial da verticalização na área urbana de Mossoró-RN por uso do solo. Irregularidade em destaque dentro de uma Zona de Proteção Paisagística (Código de Obras) e dentro de uma Área Especial de Proteção Ambiental (Plano Diretor).

Este estudo verificou a situação existente em centro urbano de uma cidade de médio, sendo limitante a uma literatura específica sobre o tema abordado, apoiando a discussão na legislação vigente no município de Mossoró.

Impactos no meio físico

O relevo e o solo constituem-se em unidades ambientais de grande importância, não só para os ecossistemas naturais e agrários, mas também para os ecossistemas urbanos, que suporta a cidade, influenciando vários outros fatores como clima, os ciclos hidrológicos, determinando de forma significativa, a conformação urbana (CAVALHEIRO, 1995).

No processo de urbanização, o solo é compactado, diminuindo a porosidade e a infiltração de águas pluviais, o que faz aumentar o processo de escoamento superficial, a erosão do solo e consequentemente, maximizando o potencial de degradação ambiental. Na implantação de edificações, várias interferências no solo estão suscetíveis a ocorrer, com implicações tanto no aspecto ambiental como na infra-estrutura da cidade, tais como:

- Aumento da estrutura de transporte e de tráfego, podendo acarretar geração de ruído e emissão de poluentes atmosféricos;
- Aumento da demanda de água do sistema de abastecimento público;
- Aumento na geração de resíduos sólidos e consequentemente sobrecarga nos serviços de coleta, transporte, tratamento e disposição final;
- Aumento na geração de esgoto e consequentemente implicações no processo de coleta, tratamento e disposição final dos efluentes (BANCO DO NORDESTE, 1999).

A Verticalização e o relevo cárstico

Segundo LLADÓ *apud* SHINZATO (1998), o termo carste tem sua origem na região de Karst, Iuguslávia, onde, pela primeira vez, foi estudado esse tipo de relevo. No Brasil, essas áreas de carste encontram-se distribuídas em 7 % do território nacional sendo encontradas principalmente nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Bahia, Ceará, Rio Grande do Norte, entre outros.

No Estado do Rio Grande do Norte, a superfície Cárstica encontra-se presente na porção centro-norte da bacia Potiguar, apresentando uma ampla superfície pediplanada e subordinada por relevos tabulares pouco dissecados e pouco profundos; e, no extremo norte, junto à foz do rio Apodi, representada por uma planície flúvio-marinho, ladeada pelos Tabuleiros Costeiros, superfície pediplanada, também contígua à superfície cárstica (SERHID, 1998).

No processo de intemperismo químico, as rochas carbonatadas, também chamadas de cársticas, são altamente solubilizadas na presença de ácido carbônico, formado a partir da combinação do dióxido de carbono presente na atmosfera, com a água.

Como resultante, os processos físicos de abatimento de vazios subterrâneos e o desabamento de blocos das lapas e paredões são cada vez mais suscetíveis. Tais processos são bem mais consentidos no meio urbano quando o abastecimento de água para população se dá através do aqüífero cárstico (calcário).

Neste sentido, ressalta KOHLER (2005) que a construção de grandes e pesadas edificações na área urbana acaba por aumentar a pressão sobre essas áreas, ensejando a elaboração de estudos geofísicos através de sondagem, visando identificar possíveis vazios subterrâneos, ou seja, cavernas.

O município de Mossoró-RN por estar assentado sobre um "mosaico" composto por rochas calcárias em boa parte do seu território e por terrenos aluvionares sobrepostos as Coberturas Coluvioeluviais e a Formação Jandaíra, o que enseja cuidados especiais quanto ao processo de verticalização, pois quando não acompanhado de estudos geofísicos coloca em questão a capacidade de suporte da litologia da área onde o processo ocorre podendo comprometer a estrutura física dos edifícios (ver mapa contido na figura 04).

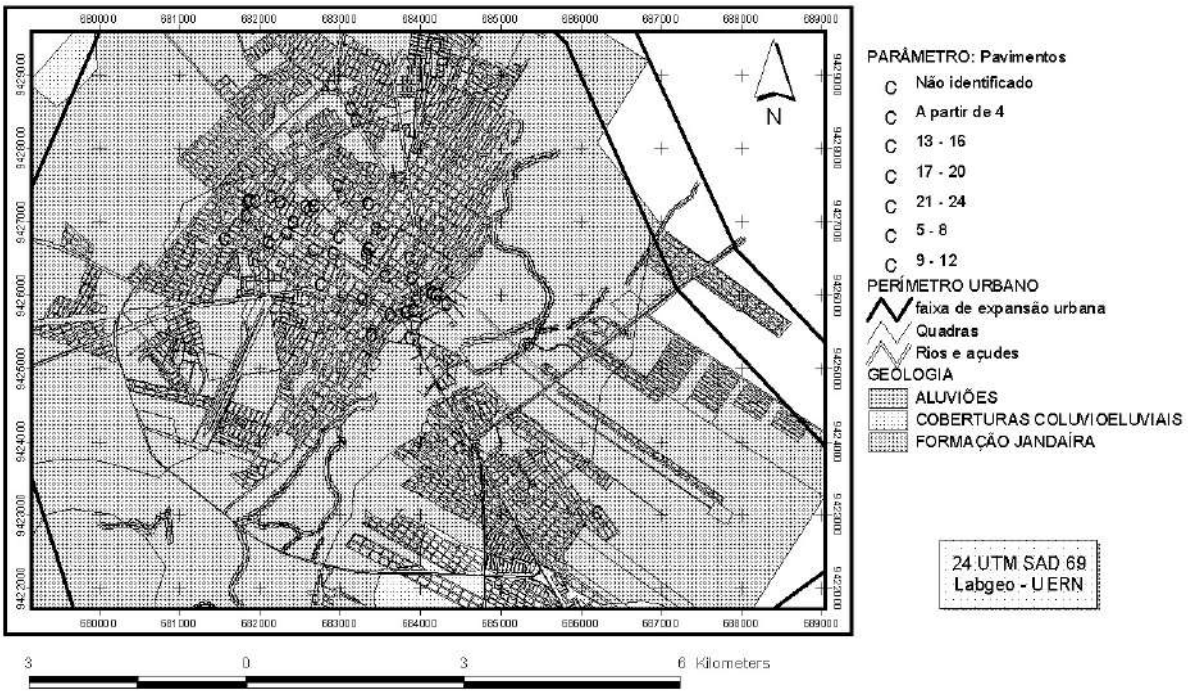


Figura 04 – Mapa da distribuição espacial da verticalização na área urbana do Município de Mossoró-RN. Descrição das unidades que compõe a região.

Impactos da verticalização no clima urbano

No processo de urbanização, a conversão do meio físico natural para o assentamento humano é acompanhada por drásticas e irreversíveis mudanças no solo, gerando uma nova configuração aerodinâmica da superfície e das propriedades radiativas, da umidade e da qualidade do ar (OKE *apud* GUERRA e CUNHA, 2005).

O clima de uma cidade encontra-se influenciado pela sua própria estrutura urbana, podendo ser atribuído à modificação da composição do ar, à alteração do equilíbrio térmico e alteração no balanço hídrico, devido às irregularidades, à natureza e à topografia da superfície urbana (MONTEIRO *apud* GUERRA e CUNHA, 2005).

Os estudos sobre clima urbano têm apontado a ilha de calor como o principal fator para a existência de desconforto térmico. Mudanças estas consentidas de modo mais eficiente nas áreas urbanas e expressas através dos canais de percepção humana (*Op. cit.*)

Neste ambiente urbano, a idéia de conforto ambiental torna-se um conceito amplo e subjetivo e está relacionado, à questão básica de se proporcionarem aos assentamentos humanos as condições essenciais de habitabilidade, utilizando-se

de um modo racional os recursos disponíveis (RIBEIRO, 2002).

Para ERIKSEM *apud* CAVALHEIRO (1995, p.118) o fenômeno denominado ilha de calor

> se deve muito menos ao efeito estufa e muito mais a fatores urbanos específicos, tais como: efeito da transferência de energia das construções urbanas, com formas especiais (estruturas verticais, cores, albedo e tipo de material constituinte); evaporação reduzida e consequentemente falta do efeito refrescante a ela associado (pouco revestimento vegetal e rápido esgotamento das águas pluviais por canalizações); produção de energia antropogênica pelos processos realizados nas indústrias, trânsito e residências.

A existência de edificações na área urbana, embora de uma forma não tão acentuada, enseja certas preocupações em relação ao conforto térmico que segundo CAVALHEIRO (1995), em se tratando de pequenas cidades, as alterações no clima podem ser significativas, no entanto pouco perceptíveis.

Mudanças como estas são induzidas cada vez mais pelas aglomerações de edifícios, criando uma espécie de cúpula climática, dentro da qual se define o clima urbano, cujas características dependem do desenho, densidade e funções das construções, das características dos materiais utilizados nas construções e da própria configuração da cidade e das atividades que nela se desenvolvem (GUERRA e CUNHA, 2005).

Por ora, as formas urbanas oriundas do crescimento das cidades podem muito bem influenciar no clima local, que, dependendo da sua topografia e dos diferentes usos do solo, dá origem a um processo conhecido como corredores de vento também denominado por cânions urbanos, cujo o qual já se consente em Mossoró-RN.

GUERRA e CUNHA (2005) também ressaltam que as edificações urbanas e pelo seu arranjo na cidade, criam uma espécie de barreira, tendendo alterar a intensidade e direção dos ventos, ao que se pode denominar de corredores de vento ou cânions urbanos.

Sobre os cânions urbanos, CORBELLA e YANNAS *apud* SUGA (2005) afirmam que, acontecem devido às formas urbanas existentes, estando de forma seqüencial e justapostos a um eixo, onde a razão entre à altura dos prédios e a largura das ruas determinará um cânion urbano, o que irá resultar, por sua vez, em alterações relativas à ventilação, desempenho térmico e iluminação.

A vegetação é de fundamental importância para os ecossistemas nas cidades, servindo de indicador biológico da qualidade ambiental e proporcionando certas amenidades climáticas tão importantes para o conforto humano, ao passo que, na sua ausência certas áreas se tornam quentes durante o dia e frias durante a noite, e quando densamente vegetadas, não apresentam grandes variações diurnas, ao passo de se encontrarem mais frescas ao meio-dia, quando confinadas entre edifícios (SATTLER *apud* PAULA, 2004).

No processo de urbanização, uma série de componentes ambientais estão sujeitos a significativas mudanças em suas estruturas. Em nível climático, diversos fatores contribuem para a modificação do clima local, como: as alterações em superfície, a produção de calor pela própria cidade, as alterações na composição da atmosfera, os materiais constituintes presentes nas edificações, a ausência de corpos hídricos superficiais e de áreas verdes, pavimentação, o excessivo adensamento, a verticalização etc.

Embora a poluição atmosférica decorrente das atividades antropogênicas em uma determinada região ou localidade afete todos os elementos climáticos (radiação, nebulosidade, visibilidade, etc), ela, por si só, não é determinante para a alteração climática.

O estabelecimento de relações entre os usos do solo e o relevo da cidade nos permite melhor compreender os processos de interação solo – atmosfera. O relevo tem como característica, à medida que a altitude cresce, de atenuar a temperatura do ar. Em áreas de topografia e inclinação variadas, determinadas localidades e pela sua configuração espacial, constituem-se em fatores relevantes na alteração da temperatura.

Em médias cidades, como Mossoró-RN, o adensamento provocado pela verticalização, dependendo da localidade, poderá implicar mudanças mesoclimáticas, principalmente, no que tange ao fenômeno ilha de calor.

O centro da cidade, embora próximo a um corpo hídrico, pouco propicia a melhoria de conforto térmico, sendo este, por sua vez, agravado pelas edificações próximas ao rio que impedem a circulação do ar e a direção dos ventos.

Atualmente tem-se evidenciado a construção de edifícios do tipo residencial e comercial no centro da cidade. Entretanto, e como não poderia deixar de ser, é justamente na área central da cidade onde se faz presente a maior parte das atividades. Neste cenário, verticalizar em tal área possivelmente poderá implicar a formação de fenômenos como as ilhas de calor, a médio e longo prazo.

Abril - 2000

Dia	DV	Dia	DV	Dia	DV	Dia	DV	Dia	DV
1	C	7	C	13	C	19	C	25	SE
2	C	8	C	14	C	20	C	26	C
3	C	9	C	15	C	21	C	27	C
4	C	10	C	16	C	22	SE	28	C
5	C	11	C	17	C	23	C	29	C
6	C	12	C	18	C	24	C	30	C

DV – Direção dos Ventos

Segundo dados da Estação Climatológica da Ufersa (2007), a cidade de Mossoró-RN apresenta uma predominância de ventos nordeste e sudeste. Ainda segundo os dados da estação climatológica, e estabelecendo uma comparação entre os anos de 2000 e 2005, pode-se perceber uma mudança na direção dos ventos, principalmente, o de direção centro (ver tabela 01).

Abril - 2005

Dia	DV	Dia	DV	Dia	DV	Dia	DV	Dia	DV
1	NE	7	C	13	NE	19	C	25	NE
2	SE	8	SE	14	NE	20	SE	26	SE
3	SE	9	SE	15	C	21	SE	27	NE
4	SE	10	C	16	SE	22	SE	28	NE
5	SE	11	SE	17	SE	23	NE	29	NE
6	SE	12	C	18	SE	24	NE	30	SE

Tabela 01 - Direção dos ventos entre o ano de 2000 e 2005

Possivelmente, o efeito criado pela verticalização em determinadas áreas tenha provocado uma mudança na direção dos ventos. Dependendo da quantidade e disposição dessas estruturas verticais na cidade, fenômenos conhecidos como cânions urbanos ou corredores de vento tornam-se comuns, alterando a intensidade e direção dos ventos.

De fato, a cidade é praticamente horizontal, apresentando densidades demográficas relativamente baixas até em seu núcleo mais consolidado. Isso permite um crescimento vertical em áreas onde a disponibilidade por serviços públicos é maior, embora certas áreas da cidade possuam características bem distintas em relação à sua topografia, uso do solo etc.

Um possível aumento dessas estruturas verticais, associado a um arranjo inadequado no corpo da cidade, implicaria significativas mudanças mesoclimáticas ao se formar uma espécie de barreira, impedindo a livre circulação dos ventos, a manutenção e preservação das atividades e do meio ali existentes.

De predominância nordeste e sudeste, os ventos encontrarão agora uma barreira, o que implica a sua mudança de direção (ver mapa contido na figura 05).

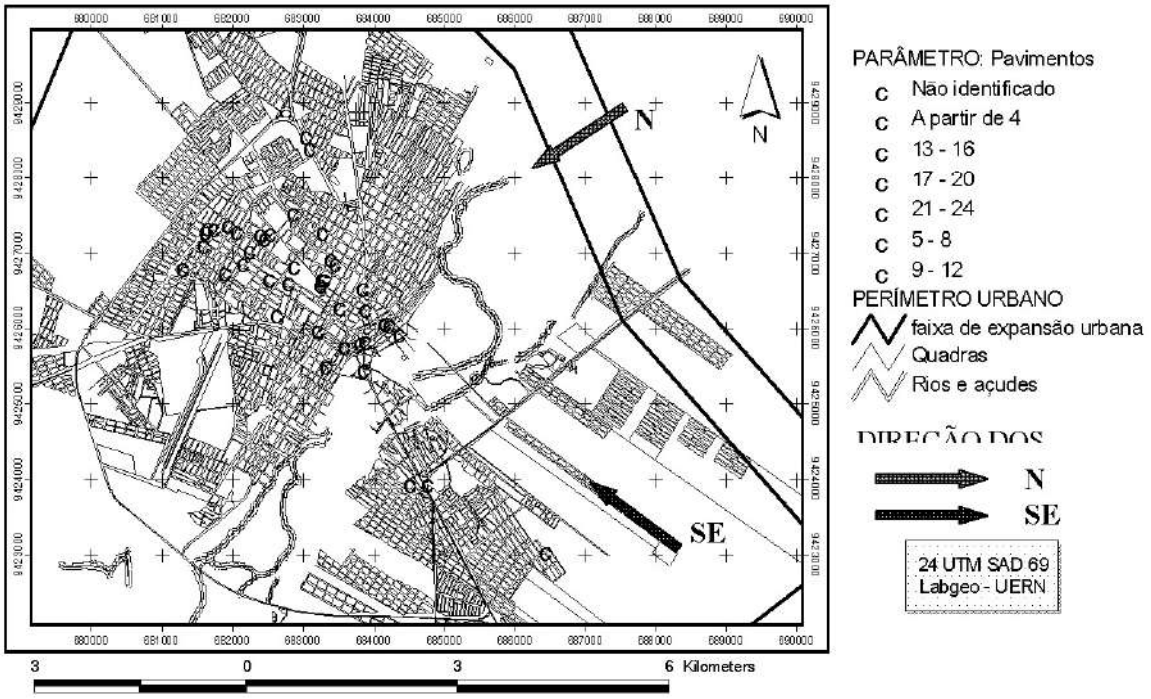


Figura 05 – Mapa da distribuição espacial da verticalização na área urbana de Mossoró-RN. Setas indicando a direção predominante dos ventos NE e SE.

CONCLUSÕES

A cidade enquanto meio ambiente construído se realiza quando se cumpre a sua função social, a sua função social da propriedade, a sustentabilidade urbana e a gestão democrática e participativa.

Obedecer a dispositivos tanto expressos no Código de Obras quanto no Plano Diretor constitui-se assim, em um "atestado" de adequação estando os atores sociais sujeitos a eles, sob pena de infração a lei.

Torna-se necessário assim, redirecionar o processo de verticalização sugere que se considerem as características de cada localidade na cidade e a direção preponderante dos ventos visando deste modo, minimizar futuras implicações na qualidade ambiental do ar como também, coibir usos especulativos do espaço urbano que contribuam para a fragmentação sócio-ambiental da cidade.

Elaborar estudos geofísicos precedendo a construção de grandes e pesadas edificações é de fundamental importância para a identificação de possíveis vazios subterrâneos decorrentes de áreas cársticas, devendo as quais serem submetidas a parâmetros de uso e ocupação do solo especifico.

Atender a parâmetros de uso e ocupação do solo é de suma importância para o processo de expansão urbana da cidade de Mossoró e precisa ser observado e fiscalizado pelos órgãos competentes com vistas a melhor compatibilizar os usos do solo com a proteção do meio ambiente natural e construído, evitando-se assim, o agravamento de futuras distorções no processo de expansão urbana, que contribuam negativamente para a manutenção e conservação da qualidade ambiental cidade e do exercício das atividades dos seus habitantes.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Bianca Carla Dantas de; CARAM, Rosana. **Análise Ambiental: Estudo Bioclimático Urbano em Centro Histórico.** Ambiente & Sociedade – Vol. IX nº. 1 jan./jun. 2006.

CAVALHEIRO, Felisberto. **Urbanização e alterações ambientais**. In: Análise Ambiental: Uma visão multidisciplinar. 2ª ed. – revista e ampliada – São Paulo: UNESP, 1995.

COELHO, Maria Célia Nunes. **Impactos Ambientais em Áreas Urbanas** – Teorias, Conceitos e Métodos

de Pesquisa. In: Impactos Ambientais Urbanos no Brasil.Org: Antônio José Teixeira Guerra e Sandra Baptista da Cunha, 3ª ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

Estação Climatológica da UFERSA, 2007. Disponível em<http://www.ufersa.edu.br> . Acesso: 10/09/07.

GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista. **Impactos Ambientais Urbanos**. - 3ªed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

Instituto de Desenvolvimento Econômico e do Meio Ambiente-IDEMA, 1999. Disponivel em: <http://www.idema.rn.gov.br/perfildoseumunicipio>. Acesso: 23/04/2007.

KOHLER, Heinz Charles. Geomorfologia Cárstica. In: **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos.** GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. 6ª ed – Rio de Janeiro: BERTRAND BRASIL, 2005.

LORINI, M.L, PERSSON, V.G e XAVIER-DA-SILVA, J, Geoprocessamento Aplicado à Conservação de Espécies Ameaçadas de Extinção: O Projeto Mico-leão-da-cara-preta. **Anais da 1ª Semana Estadual de Geoprocessamento, RJ.** 1996.

Manual de Impactos Ambientais: **Orientações básicas sobre aspectos ambientais de atividades produtivas**. Banco do Nordeste: Fortaleza, 1999.

PAULA, Roberta Zakia Rigitano de. **A Influência da Vegetação no Conforto Térmico do Ambiente Construído.** Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP, 2004. Disponível em: <http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000375775>. Acesso: 04/07/07.

Prefeitura Municipal de Mossoró. **Código de Obras Lei Complementar** nº. 01/75.

Prefeitura Municipal de Mossoró. **Plano Diretor de Mossoró**, Lei Complementar nº. 012/2006.

Prefeitura Municipal de Mossoró **Secretaria de Desenvolvimento Territorial e do Meio Ambiente** - SEDETEMA, 2007.

RIBEIRO, Rosemary Campos. **Ánalise de conforto ambiental urbano aplicado à área central do município de Pedro Leopoldo**. Monografia de especialização em Geoprocessamento–UFMG, 2002. Disponível em: <http://cdr.ufmg.br/geoprocessamento/centrorecursos/5cursopub/rosemary%20campos%20ribeiro.pdf> Acesso: 04/07/07.

Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMARH, 2007. Bacia_**01 Apodi-Mossoró**. Disponível em: <http://www.semarh.rn.gov.br>. Acesso: 08/05/2007.

SERHID - **Relatório Síntese do Plano Estadual de Recursos Hídricos**, 1998. Disponível em: <http://www.idema.rn.gov.br>. Acesso: 22/09/07.

SHINZATO, Edgar. **O Carste da área de Proteção Ambiental de Lagoa Santa (MG) e sua Influência na formação dos solos**. Tese de Mestrado - UENF, 1998. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/edgar_shinzato.pdf> Acesso: 30/07/07.

SOUSA, Adjane Monique. Levantamento E Preservação de Espécies Nativas da Caatinga-Bacia Hidrográfica do Apodí-Mossoró. In: XIII Encontro de Pesquisa e Extensão da UERN – ENCOPE, 2006.

SOUZA, Adriane Aparecida Moreira de; COSTA, Sandra Maria Fonseca da. **"O uso de fotografias aéreas para a análise do processo de verticalização na cidade de São José dos Campos - SP"**. In: Anais IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, Brasil, 11-18 setembro 1998, INPE, p. 213-222. Acesso: 23/04/2007.

SUGA, Mauro. **Avaliação do Potencial de Aproveitamento de Luz Natural em Cânions Urbanos: Estudo realizado nos Eixos Estruturais de Curitiba, 2005**. Dissertação de Mestrado, Cefet-PR.

TEÓDULO, José Macio Ramalho. **Uso de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto no levantamento e integração de dados necessários a Gestão ambiental dos campos de extração de óleo e gás do canto do Amaro e Alto da Pedra no Município de Mossoró-RN**. Dissertação de Mestrado, Natal/RN, 2004.

REVISTA CAATINGA — ISSN 0100-316X
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO (UFERSA)
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

EFICIÊNCIA FLORA E BIOMASSA DOS FRUTOS DE COQUEIRO SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E NÍVEIS SALINOS.

Paulo César Moura da Silva
D. Sc. em Recurso Naturais, Departamento de Biologia – UERN – Mossoró - RN – E-mail: paulo.moura@oi.com.br

Hugo Orlando Carvallo Guerra
Prof. Titular, UFCG, Departamento de Engenharia Agrícola, CEP 58109-970, Campina Grande, PB,
E-mail: hugo_carval@hotmail.com lo

Hans Raj Gheyi
Professor Dr. Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande- UFCG.
E-mail: hans@deag.ufcg.edu.br; Tel. 83 3310 1056

Carlo Henrique de Azevedo Farias
D. Sc. em Recurso Naturais Pesquisador da Destilaria Miriri S/A e Doutor em Recursos Naturais, Fone: (083) 3292 2116,
E-mail carlos.henrique@miriri.com.br

Isolda Ramalho da Silva
M. Sc.. em Biologia. Departamento de Engenaria Agrícola - UFCG UFCG Campina Grande – PB
E-mail: paulo.moura@oi.com.br

RESUMO - Objetivo deste trabalho foi avaliar a interação da lâmina e salinidade da água de irrigação na eficiência floral do coqueiro Anão Verde, na região dos tabuleiros costeiros do Nordeste do Brasil. O estudo foi conduzido na estação experimental da EMPARN, localizado em Parnamirim – RN, no período de agosto de 2002 a setembro de 2003. Os fatores estudados foram quatro lâminas de irrigação, baseadas na evaporação do tanque classe "A" (30, 60, 90 e 120% da evaporação do tanque) e quatro níveis de salinidade na água de irrigação (0,1; 5,0; 10,0 e 15,0 $dS.m^{-1}$). O delineamento foi inteiramente casualizado com parcelas subdivididas e análise de regressão com superfície de resposta. O número de flores femininas cresce com o incremento das lâminas de irrigação, reduzindo o efeito negativo dos níveis salinos palicados. A relação flor/fruto colhido reduz com o aumento dos níveis salinos, enquanto a interação das maiores lâminas de irrigação com os menores níveis salinos resulta num crescimento no número de flores emitidas por frutos colhidos. A produção em biomassa dos frutos cresce positivamente com o aumento das lâminas de irrigação e reduz com o aumento dos níveis salinos e a interação dos níveis salinos menores com as maiores lâminas de irrigação produzem os maiores pesos de frutos registrados. Como reação a água com salinidade elevada à planta do coqueiro responde com o aumento da eficiência da floração relacionado a colheita de frutos, ou seja, emite menos flores para obter a mesma produção que em condições adequadas de cultivo.

Palavras-chave: *Cocos nucifera L.*, irrigação, salinidade, produção de coqueiro.

ABSTRACT - The Objective this work was to evaluate the interaction of the amount and salinity of irrigation water in the floral efficiency of the Green Dwarfish coconut tree, in the area of the coastal boards of the Northeast of Brazil. The study was driven in the experimental station of EMPARN, located in Parnamirim - RN, in the period of August of 2002 to September of 2003. The studied factors were four irrigation sheets, based on the evaporation of tank class "A" (30, 60, 90 and 120% of the evaporation of the tank) and four salinity levels in the irrigation water (0,1; 5,0; 10,0 and 15,0 dS.m-1). The experimental design was entirely random with subdivided portions and regression analysis with answer surface. The number of feminine flowers grows with the increment of the irrigation amount, reducing the negative effect of the applied saline levels. The relationship flower / picked fruit reduces with the increase of the saline levels, while the interaction of the largest irrigation sheets with the smallest saline levels results in a growth in the number of flowers emitted by picked fruits. The production in biomass of the fruits grows positively with the increase of the irrigation sheets and it reduces with the increase of the saline levels and the interaction of the smaller saline levels with the largest irrigation sheets produce the largest weights of registered fruits. As reaction the water with high salinity to the plant of the coconut tree answers with the increase of the efficiency of the bloomed related the crop of fruits, in other words, it emits less flowers to obtain the same production that in appropriate conditions of cultivation.

Word-key: *Coconuts nucifera L.*, irrigation, salinity, coconut tree production.

INTRODUÇÃO

O coqueiro é uma das culturas mais importantes em países de clima tropical. Ele é cultivado em mais de 86 paises sendo capaz de gerar um sistema auto-sustentável de exploração, pode ser uma importante fonte de divisas e fornecer proteínas e calorias para a população, a exemplo do continente asiático (CUENCA, 1997). A FAO indica que a participação brasileira na produção mundial aumentou de 3,72 para 5,51 % em cinco anos (2000 a 2004), já a produção no país cresceu 64,1 % e as exportações apresentaram um crescimento de 39,82 % no mesmo período (FAOSTAT, 2006).

O Nordeste do Brasil, por sua vez, contribui com aproximadamente 81,96 % da área de coco colhida no Brasil, região onde a cultura possui expressiva importância social e econômica, principalmente para as populações litorâneas e o Rio Grande do Norte tem aproximadamente 10,62 % da área de coco colhida no Brasil (IBGE, 2006). Este bom desempenho deve-se ao fato de que o Nordeste Brasileiro possui condições naturais de clima e solo propícios ao cultivo do coqueiro, em especial o litoral oriental Nordestino.

As lâminas de irrigação e a qualidade da água de irrigação são aspectos relevantes para a cultura do coqueiro, principalmente para a variedade Anã, que corresponde à variedade de maior importância para os produtores. O estudo dos efeitos dos sais contidos tanto na solução do solo como nas águas utilizadas na irrigação da cultura podem fornecer informações importantes sobre as características fisiológicas e produtivas do coqueiro Anão Verde.

Com relação às necessidades hídricas do coqueiro, o déficit hídrico pode dificultar o desenvolvimento, reduzir a produção e prejudicar a qualidade dos produtos colhidos. Pode ainda reduzir muito ou interromper completamente a produção (BHASKARA e LEELA 1977; YUSUF eVARANDAN, 1993; FERREIRA *et al.* 1997; PASSOS e SILVA 1990).

Durante o desenvolvimento da inflorescência uma seca rigorosa pode matar o ponto de crescimento, causando o abortamento da inflorescência e afetando, desse modo, a produção de noz 28 a 30 meses mais tarde (PASSOS, 1997).

A diferenciação das flores femininas ocorre de 11 a 12 meses antes da abertura da espata sendo possível relacionar o pequeno número de flores às condições desfavoráveis devido ao estresse hídrico durante os meses em que ocorre a diferenciação (FRÉMOND *et al.*, 1975). As boas condições nutricionais podem aumentar o número de flores femininas por inflorescência (SIQUEIRA *et al.* 1997).

O número de flores femininas é fortemente influenciado pelo estado nutricional e hídrico da planta. Assim sob condições de deficiência hídrica prolongada e/ou desnutrição, poderá não ocorrer desenvolvimento da inflorescência na axila da folha do coqueiro. Os períodos de diferenciação das flores femininas e da abertura da espata até a maturação dos frutos duram em torno de um ano (PASSOS, 1997).

Em um pomar de coqueiro, as plantas de melhor produtividade não só se caracterizam por maior número de inflorescência por ano, como também pelo maior número de flores femininas por inflorescências (FRÉMOND *et al.* 1975). Algumas variedades produzem menos flores femininas que outras. Com isso, mantém-se sempre um domínio genético, uma mesma variedade possui grande gama de variações.

Em trabalhos desenvolvidos nas Filipinas, Magat *et al.*(1988) estudaram os efeitos da aplicação de cloreto de sódio como fertilizante no coqueiro, sob condições de sequeiro em solos bem drenados, constatando um aumento de 39,8% no número de frutos e de 70,6 % no peso da copra nas plantas que receberam 7,04 kg/planta/ano (em 6 aplicações mensais) em relação ao controle (sem aplicação de cloreto de sódio).

A FAO (1984), afirma que o peso médio dos frutos no momento da colheita do coco está relacionado às características genéticas (individual e varietal) e às condições edafo-climáticas durante o desenvolvimento, sendo forte a influência dos fatores hídricos a partir do momento de formação do óvulo até a colheita.

Objetivo deste trabalho foi avaliar a interação da lâmina e salinidade da água de irrigação no número de flores femininas, na relação entre flor e fruto formado e na biomassa dos frutos colhidos do coqueiro Anão Verde, na região dos tabuleiros costeiros do Nordeste do Brasil.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Rommel Mesquita de Faria, pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), localizada no município de Parnamirim – RN, no km 5 da estrada Natal-Jiqui, com as coordenadas geográficas de 5°46' Sul e 35°12' Oeste, no período de agosto de 2002 a setembro de 2003. A área experimental é de relevo plano e 18 m de altitude, com solo arenoso, profundo e de boa drenagem, classificado como Neossolo Quartzarênico, cujas características físicas e químicas determinadas através de metodologias propostas por Richards (1954) e EMBRAPA (1997), estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização física e química do solo antes da implantação da experimento[1]

Analise Física do solo		**Análise Química do solo**	
Areia ($g.kg^{-1}$)	956	Alumínio ($cmol_c.kg^{-1}$)	0,04
Silte ($g.kg^{-1}$)	43	Cálcio ($cmol_c.kg^{-1}$)	0,67
Argila ($g.kg^{-1}$)	1	Magnésio ($cmol_c.kg^{-1}$)	0,14
Classe Textural	Arenosa	Sódio ($cmol_c.kg^{-1}$)	0,55
Densidade do solo ($kg.dm^{-3}$)	1,6	Potássio ($cmol_c.kg^{-1}$)	0,34
Capacidade de Campo a 10,33 kPa ($g.kg^{-1}$)	50	Fósforo ($mg.kg^{-1}$)	16,38
Ponto de Murcha Permanente a 1519,87 kPa ($g.kg^{-1}$)	10	Matéria Orgânica ($g.kg^{-1}$)	12,79
		pH da pasta de saturação	5,90
		CEes ($dS.m^{-1}$)	0,30

[1] Analises realizadas no laboratório de Água, Solo e Planta da EMPARN – Caicó, RN.

O coqueiral encontrava-se em fase de produção, com seis anos de idade, porém, desde os três anos e meio vinha sendo irrigado com águas salinas.

Foram aplicadas quatro lâminas de irrigação, estimadas a partir da evaporação do tanque Classe "A". O tanque classe "A" estava localizado ao lado da área experimental e as leituras eram feitas pela manhã, todos os dias antes das irrigações.

As lâminas de irrigação denominadas de L1, L2, L3 e L4, foram equivalentes a 30, 60, 90 e 120% , respectivamente, da evaporação do tanque Classe "A".

No cálculo das lâminas de água foram levados em consideração os índices pluviométricos das últimas 24 h, ou seja, quando a precipitação pluviométrica se mostrou suficiente para suprir a necessidade das plantas, a irrigação foi suspensa.

A Tabela 2 contém as lâminas aplicadas através da irrigação e a precipitação durante o período de 12 meses do estudo.

Tabela 2 - Evaporação do tanque Calsse "A" em milímetros e o somatório de evaporação e do tanque Classe "A" para os tratamentos de irrigação definidos e aplicados durante 12 meses de observações

Percentagem de Evaporação do tanque Classe "A"	30%	60%	90%	120%
Lâminas aplicadas (mm)	492	984	1476	1968
Lâminas + Precipitação (mm)	2293	2785	3286	3778

Foram aplicados quatro níveis de salinidade da água de irrigação, sendo $N_1 = 0,1$; $N_2 = 5,0$; $N_3 = 10,0$ e $N_4 = 15,0$ $dS.m^{-1}$. As águas foram preparadas adicionando-se cloreto de sódio comercial moído (sem iodo) na água de irrigação do tratamento N_1 proveniente da lagoa do Jiqui localizada a aproximadamente 70 m da área experimental. As águas foram preparadas diariamente, antes de cada evento de irrigação.

A Tabela 3 caracteriza a denominação e o ordenamento dos tratamentos utilizados e reforça as unidades de cada item dos tratamentos empregados durante o texto.

Tabela 3 – Tabela dos tratamentos aplicados e suas respectivas representações empregadas no texto

Porcentagem Evaporação do Tanque	Convenção	Condutividade Elétrica da Água	Convenção
30 % (EVT em mm)	Lâmina 1	0,1 $dS.m^{-1}$	Nível 1
60 % (EVT em mm)	Lâmina 2	5 $dS.m^{-1}$	Nível 2
90 % (EVT em mm)	Lâmina 3	10 $dS.m^{-1}$	Nível 3
120 % (EVT em mm)	Lâmina 4	15 $dS.m^{-1}$	Nível 4

A condutividade elétrica da água de irrigação, aplicada às plantas foi obtida, conforme relação empírica da condutividade elétrica da água de irrigação e peso de sal dissolvido. À medida que se acrescentava o sal a água com 0,1 $dS.m^{-1}$, verificava-se, com um condutivímetro portátil, os níveis de salinidade da água de irrigação desejados (5, 10 e 15 $dS.m^{-1}$), que eram usados na irrigação das plantas de cada parcela experimental.

Foram ainda acompanhadas quatro plantas de sequeiro as quais não receberam irrigação e conseqüentemente não receberam sal na água de irrigação. Os demais tratos culturais foram também aplicados às plantas de sequeiro, inclusive adubação.

O sistema de irrigação usado foi o de microaspersão, com um emissor por planta. As águas usadas na irrigação foram armazenadas em caixas de fibra de vidro, com capacidade de 3000 litros, sendo aplicadas a cada tratamento por meio de bombas submersas de pulsação elétricas ANAUGER®, com uma bomba para cada caixa d'água. As tubulações laterais foram de polietileno de 16 mm, com as linhas principais em PVC com 25 mm de diâmetro. Em cada tratamento foi usado um sistema independente de irrigação, sendo que cada água foi aplicada por tubulação individual. As lâminas foram controladas através do uso de registros de PVC com 25 mm de diâmetro, instalados ao longo das laterais, para cada lâmina de irrigação que foi aplicada.

Os microasperssores tiveram sua vazão e sua pressão monitoradas a cada três meses durante o experimento. Os emissores foram substituídos sempre que ficaram obstruídos e danificados. A vazão dos microasperssores era de 50 l/h e o sistema foi avaliado a cada trimestre, a avaliação do sistema visava apenas manter o fornecimento adequado das lâminas de irrigação baseadas na evaporação do tanque classe "A". Com a vazão dos emissores controlada, foi possível a determinação do tempo de irrigação para cada parcela visando à reposição do volume de água indicado através da evaporação do tanque classe "A" (EVT).

As caixas onde as águas foram preparadas eram limpas a cada cinco meses para a retirada de material orgânico e detritos do interior das mesmas, para evitar a obstrução dos emissores e eram cobertas com tampa plástica após cada evento de irrigação.

Foram instalados no sistema adutor que abasteceu as caixas um filtro de discos de 75 mm, e na saída de cada bomba que compunha o sistema de irrigação um filtro de discos de 32 mm.

O espaçamento usado foi triangular com 7,5m x 7,5m e com uma população de 205 plantas/há com uma área experimental de aproximadamente 0,30 ha. Na adubação foram aplicados 40 g de uréia e 30 g de cloreto de potássio por planta, semanalmente juntamente com a água de irrigação (fertirrigação). Foram ainda aplicados 15 l de esterco de galinha juntamente com 2 kg de FOSMAG - 464 (composto químico a base de fósforo e micronutrientes) por planta a cada seis meses (cobertura).

O controle de ervas daninhas foi realizado com o uso de roçadeira nas entrelinhas do plantio, o coroamento foi manual com o uso de enxada em volta das plantas e com um raio mínimo de capina igual ao diâmetro molhado do microasperssor realizado mensalmente.

Para o controle preventivo do ácaro da necrose do coqueiro, foram realizadas pulverizações sistemáticas a cada 21 dias com uma solução a 2,0 % de óleo mineral e 2,5% de sabão neutro, sendo ainda realizado o monitoramento diário da área até o final do período experimental.

A coleta de dados ocorreu durante 12 meses, sendo descartados os dois primeiros meses e o último mês, este procedimento visava reduzir o impacto do período inicial e fina da aplicação dos tratamentos.

O acompanhamento periódico e sistemático da abertura das inflorescências emitidas foi realizado a partir da emissão do primeiro cacho até a última colheita do experimento. Este procedimento foi realizado dia a dia, anotando-se a data do avistamento da inflorescência e numerando-se a folha de origem, para diferenciar a idade entre os cachos. Com as datas de emissão da 2° inflorescência em diante, calculou-se o intervalo de tempo (dias) para emissão. Após dez dias da abertura, realizou-se a contagem manual do total de flores femininas da inflorescência emitida.

A partir do número e peso médio dos frutos colhidos, estimou-se a biomassa verde dos frutos, multiplicando-se o número de frutos colhidos pelo peso médio do fruto em cada colheita mensal.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em parcelas subdivididas, com quatro plantas por parcela, sendo que cada planta correspondeu a uma repetição (totalizando 64 plantas avaliadas). As lâminas de irrigação que foram aplicadas corresponderam às parcelas e os níveis de salinidade da água de irrigação a sub-parcela. Este delineamento foi aplicado devido às características uniformes do relevo e do solo da área experimental. Outro aspecto a ser considerado na escolha do delineamento experimental é a facilidade do manejo do sistema de irrigação, bem como a instalação e manutenção do experimento.

Foram realizadas análises de variância com delineamento inteiramente casualizado em parcelas sub-divididas, seguidas do teste "F". Quando se verificou efeito significativo dos fatores isoladamente ou da interação entre estes se elaborou a analises de regressão simples ou múltipla em função de cada variável independente analisada (GOMES, 1990; FERREIRA, 2000). O Quadrado médio do resíduo utilizado na análise dos dados foi o da sub-parcela.

Ribeiro Júnior (2001) recomenda que as equações de regressão múltiplas ou simples sejam selecionadas considerando-se o menor número de coeficientes da equação, probabilidade do teste "t" para cada coeficiente da equação e o maior R^2 e o R^2 ajustado. Os coeficientes das equações selecionadas foram testados pelo teste "t", considerando como erro verdadeiro o QM Resíduo (Quadrado Médio do resíduo da sub parcela) da análise de variância do experimento.

Para a obtenção do ponto máximo ou mínimo da função, procedeu-se o cálculo da derivada primeira das funções com relação às lâminas de irrigação e níveis de salinidade na água de irrigação, somente quando as regressões múltiplas apresentavam um modelo de que possibilita este procedimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O maior número de flores femininas durante o experimento foi verificado na lâmina de irrigação 3 e nível de salinidade 2 com uma média de 55,28 flores femininas por inflorescência, o menor valor registrado foi na lâmina de irrigação 3 juntamente com o nível de salinidade 1, com 28,77 flores em cada inflorescência (Tabela 4). O aumento do número de flores provocado pelas lâminas de irrigação foi de 12,4%. Nas plantas de sequeiro o número médio de flores femininas foi de 6,8 flores por inflorescência, número muito inferior aos resultados dos tratamentos estudados.

A análise de variância (Tabela 5) demonstra efeito significativo das lâminas de irrigação e da interação dos fatores ao nível de 5% de probabilidade, e efeito significativo para os níveis de salinidade da água de irrigação a 1% de probabilidade pelo teste "F", para o número de flores femininas, possibilitando a análise de regressão.

Tabela 4 – Médias observadas para o número de flores femininas, relação do número de flores por fruto colhido e biomassa dos frutos sob diferentes níveis de salinidade e lâminas de irrigação.

Níveis de Salinidade	Lâminas de Irrigação (%) [1]				**Média**
	30	60	90	120	
($dS.m^{-1}$)	----------Número de flores femininas----------				
0,1	35,14	38,80	28,77	37,48	**35,04**
5	44,55	42,13	55,28	43,43	**46,35**
10	41,07	39,15	51,32	54,64	**46,55**
15	41,50	36,43	40,32	49,65	**41,98**
Média	**40,56**	**39,13**	**43,92**	**46,30**	**42,47**
	--------Relação n° de flores femininas pelo nº de frutos colhidos-------				
0,1	3,76	3,43	2,11	2,85	**3,04**
5	3,84	3,77	3,93	3,00	**3,63**
10	3,58	3,53	3,55	4,58	**3,81**
15	4,52	3,29	4,10	4,74	**4,16**
Média	**3,92**	**3,51**	**3,42**	**3,79**	**3,66**
	----------Produção expressa em biomassa (kg)----------				
0,1	18,3	21,8	30,3	28,1	**24,62**
5	21,4	21,1	26,3	27,9	**22,50**
10	20,6	20,5	25,9	22,5	**22,37**
15	15,7	18,5	15,8	17,4	**16,85**
Média	**19,00**	**20,47**	**24,5**	**23,97**	**21,98**

(1) Lâmina de irrigação aplicada a 30, 60, 90 e 120 % de evaporação do tanque "classe A".

Tabela 5 – Resumo da análise de variância do experimento para o número de flores femininas, relação do número de flores por fruto colhido e biomassa dos frutos sob diferentes níveis de salinidade e lâminas de irrigação

Fonte de variação	GL	N° de flores femininas	Relação n° de flores/frutos	Biomassa dos frutos
		---------- Quadrado Médio do Resíduo ----------		
Lâminas (L)	3	196,87*	1,689 ^{ns}	25,194 ^{ns}
Resíduo (a)	12	38,91	0,736	11,263
Níveis (N)	3	564,79**	9,223**	229,833**
L x N	9	125,76*	1,789**	32,616**
Resíduo (b)	36	54,22	0,735	8,408
CV(%) (b)		17,43	21,78	13,89
CV(%) (a)		14,76	21,79	16,01

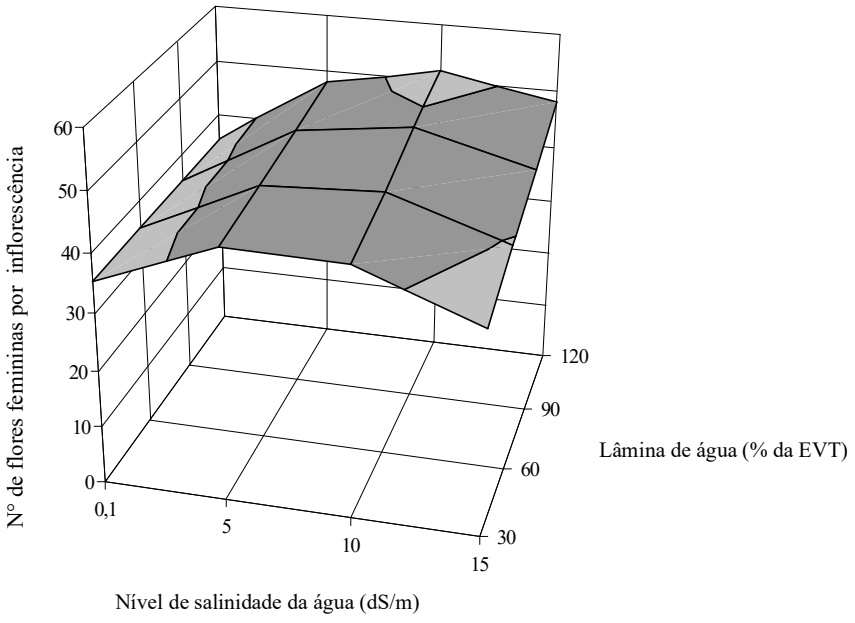
(**) Significativo a 0,01 de probabilidade; (*) Significativo a 0,05 de probabilidade; (ns) Não significativo.

A Figura 1 apresenta o gráfico e a equação para o número de flores femininas por inflorescência, em função dos níveis de salinidade na água de irrigação e porcentagens de evaporação do tanque classe "A" (%EVT).

O número de flores femininas aumenta com o nível de salinidade até 5 $dS.m^{-1}$, se estabilizando entre 5 e 10 e reduzindo ao tingir 15 $dS.m^{-1}$ (Figura 1).

Os resultados obtidos concordam em parte com a literatura, Marinho (2002) usando níveis de salinidade variando de 0,1 a 15 $dS.m^{-1}$, constatou uma tendência de aumento linear devido à aplicação dos

$$Y = 34,78 + 0,004227^{ns}L + 2,168^{**}N - 0,1613^{**}N^2 + 0,00918^{**}L\,N \qquad R^2 = 0,617$$



(**) Significativo a 0,01 de probabilidade; (*) Significativo a 0,05 de probabilidade; (ns) Não significativo.

Figura 1 – Número de flores femininas por inflorescência em função dos níveis de salinidade na água de irrigação e das lâminas de irrigação (% de evaporação do tanque classe "A")

salinidade estudados naquela ocasião. No presente estudo ocorreu crescimento, mas não linear como mostrado através da equação (Figura 1).

Ferreira Neto (2001) aplicando diferentes níveis de salinidade na água de irrigação verificou um aumento do número de flores femininas nos tratamentos mais salinos e um acréscimo no abortamento de flores femininas, o que parece normal pela limitação fisiológica das plantas quando submetidas a diferentes níveis de salinidade e lâminas de irrigação.

No presente trabalho verificou-se que a o número de flores femininas não é limitante para se obter uma maior produção, ou seja, não se pode afirmar que as plantas que possuem um maior número de flores femininas devem ter obrigatoriamente a maior produção.

Com relação ao número de flores emitidas e frutos colhidos a média geral do experimento para essa característica (Tabela 4) é de 3,66 flores para cada fruto colhido. As plantas cultivadas em condições de sequeiro apresentaram um valor de 2,55 flores por fruto. As plantas de sequeiro obtiveram média inferior a média geral do experimento.

A Tabela 5 mostra que apenas as lâminas de irrigação não apresentaram efeito significativo, já o efeito dos níveis de salinidade e da interação entre os fatores foi significativo a 1% de probabilidade, com um coeficiente de variação em torno de 21,78 % para está característica.

A Figura 2 mostra o número de flores por frutos colhidos em função dos níveis de salinidade na água de irrigação e das lâminas de irrigação (% de evaporação do tanque classe "A").

Verifica-se de acordo com a equação selecionada, um efeito decrescente para as lâminas de irrigação à

medida que se aproxima de 120 % EVT, partindo de 60 % EVT. Para os níveis de salinidade ocorre um comportamento quadrático quando os níveis se aproximam de 15 $dS.m^{-1}$. Na interação entre os níveis de salinidade e as lâminas de água de irrigação, constata-se um efeito linear significativo decrescente, provavelmente por influencia dos níveis de salinidade na redução dos valores da característica estudada. Assim, os níveis de salinidade mais elevados fazem com que a planta emita menos flores para alcançar a produção.

Segundo Marinho (2002), estudando a influencia dos níveis salinos da água sobre a relação do número de flores/frutos colhidos, constatou a influenciada positiva dos níveis de salinidade na água de irrigação variando de 0,1 a 15 $dS.m^{-1}$.

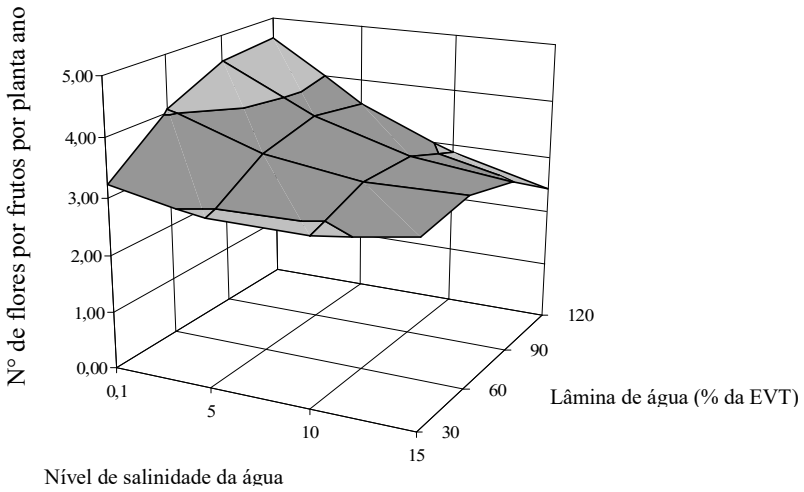
A relação alta flor/fruto pode ser influenciada pelo

Observando-se a Tabela 4, com relação a biomassa dos frutos colhidos verifica-se que a média geral do experimento é de 21,98 kg por planta por colheita. O menor valor médio do experimento foi verificado para a lâmina de irrigação 1 e o nível de salinidade 4 com 15,7 kg por planta por colheita, e o maior foi registrado com a lâmina de irrigação 3 e nível de salinidade 1 com 30,3 kg de biomassa por planta a cada colheita. Nas plantas de sequeiro registrou-se um valor de 2,48 kg por colheita, inferior ao menor resultado registrado na área submetida aos tratamentos.

Quando os níveis salinos vão de 0,1 a 15 $dS.m^{-1}$ a biomassa dos frutos se reduz a uma taxa de 31,5 %, quando as lâminas de irrigação vão de 30 % a 120% de EVT a biomassa sobe 20,73 %.

A biomassa está relacionada ao acúmulo de massa pelo fruto aos seis meses de idade. Por este motivo é

$$Y = 1.982 + 0.00478^{ns}L + 0.000214^{ns}L^2 - 0.0424^{*}N - 0.00571^{ns}N^2 - 0.00159^{*}LN \qquad R^2 =$$



(**)- Significativo a 0,01 de probabilidade; (*); Significativo a 0,05 de probabilidade; (ns) Não significativo.

Figura 2 – Número de flores por frutos em função dos níveis de salinidade na água de irrigação e das lâminas de irrigação (% de evaporação do tanque classe "A")

déficit hídrico ocorrido entre 5 e 24 meses antes das colheitas, bem como a nutrição e a carga excessiva dos cachos podem reduzir a relação flor por fruto colhido (COOMANS, 1975).

Os resultados apresentados neste estudo concordam com os autores acima citados, pois a interação salinidade lâminas de irrigação interagiu para provocar a redução da relação flor feminina por fruto colhido.

O número de flores que a planta emite e a quantidade de flores que são abortadas são um dos indicadores do estresse o qual a planta está sendo submetida, no entanto, a produção e sua qualidade possam não ser prejudicadas.

que às plantas de sequeiro apresentaram um peso de frutos menor e produção reduzida, conseqüentemente menos biomassa acumulada do que os tratamentos aplicados.

O coeficiente de variação percentual da biomassa dos frutos foi de 13,89 %. Na análise de variância, observa-se que os níveis de salinidade e a interação dos fatores lâminas de irrigação e níveis de salinidade apresentaram efeitos significativos a 1% de probabilidade e o efeito decorrente das lâminas de irrigação não apresenta significância (Tabela 5).

A produção de biomassa dos frutos é influenciada pela quantidade de frutos colhidos e pelo peso dos

frutos que são colhidos, assim o maior peso dos frutos pode não representar a maior produção de biomassa.

A Figura 4 apresenta a equação e a superfície de resposta para biomassa por planta por colheita (kg), sob diferentes níveis de salinidade na água de irrigação e porcentagens de evaporação do tanque classe "A" (%EVT).

Já com relação à superfície de resposta estimada através da equação obtida para esta característica, verificam-se efeitos lineares e quadráticos para as lâminas de irrigação, e lineares para níveis de salinidade e para a interação das lâminas de água com aos níveis salinos na água de irrigação (Figura 3).

Uma maior massa dos frutos esta associada, provavelmente, a uma maior quantidade de água de coco no fruto ou ao acúmulo de fibras, o que pode representar maior, eventualmente, dificuldade no transporte da produção.

Verifica-se, na Figura 3, um crescimento da biomassa dos frutos à medida que a lâmina de água aplicada à cultura aumenta o que é contrário ao comportamento registrado para os níveis de salinidade aplicados.

Com relação à interação entre lâminas e níveis, nota-se que quanto maior for o nível de salinidade e lâminas de irrigação menores será o valor da biomassa dos frutos.

De modo geral a produção de biomassa dos frutos é influenciada negativamente pelos níveis de salinidade e positivamente pelo aumento da lâmina de irrigação aplicada a cultura.

Marinho (2002) estudando o efeito da salinidade sobre a biomassa dos frutos colhidos, constatou decréscimos devidos ao aumento dos níveis salinos na água de irrigação, isso quando a salinidade da água chegou a 5 $dS.m^{-1}$ sendo a redução da biomassa dos frutos de 3,56 % para unidade de salinidade da água.

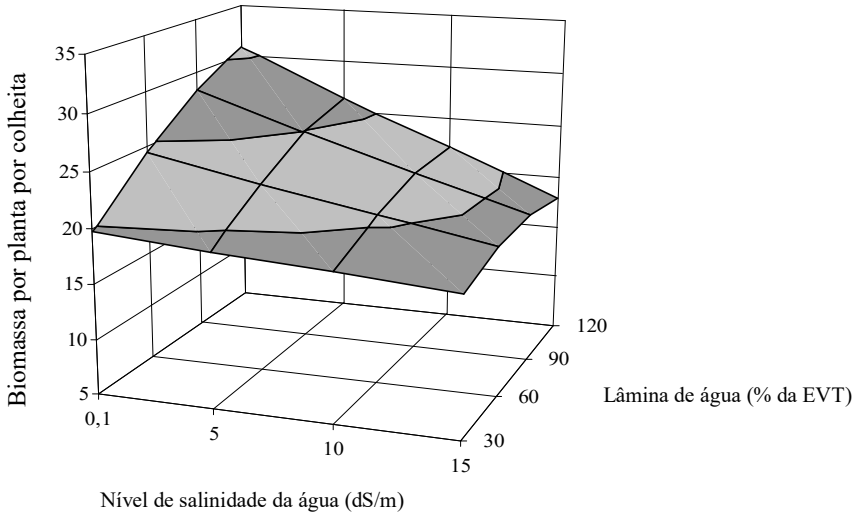
Segundo Shannon (1997) e Maas & Grattan (1999) em outras culturas tolerantes a salinidade a redução da biomassa dos produtos vai de 3,6 % na tâmara até 7,0 % na beterraba.

No entanto a produção média de biomassa do pressente estudo ficou acima da registrado por Marinho (2002) que encontrou 14,52 kg de biomassa para plantas irrigadas com água cuja salinidade era de 10 $dS.m^{-1}$, o pior tratamento no presente estudo apresentou um valor superior a 15,7 kg por planta em cada colheita. Sendo viável a irrigação com a quantidade de água adequada afim de melhorar a produtividade da cultura.

CONCLUSÕES

O número de flores femininas cresce com o incremento positivo das lâminas de irrigação, reduzindo sensivelmente o efeito negativo dos níveis salinos aplicados.

$$Y = 13.867 + 0.2115^{**}L - 0.00058^{ns}L^2 - 0.09921^{ns}N - 0.00808^{**}LN \qquad R^2 = 0.783$$



(**)- Significativo a 0,01 de probabilidade; (*); Significativo a 0,05 de probabilidade; (ns) Não significativo.

Figura 3 - Biomassa por planta por colheita (kg) em função dos níveis de salinidade na água de irrigação e das lâminas de irrigação (% de evaporação do tanque classe "A").

A relação flor emitida por fruto colhido reduz com o aumento dos níveis salinos, enquanto que a interação das maiores lâminas de irrigação com os menores níveis salinos resulta num crescimento no número de flores emitidas por frutos colhidos.

A produção expressa em biomassa cresce positivamente com o aumento das lâminas irrigação e reduz com o aumento dos níveis salinos e a interação dos níveis salinos menores com as maiores lâminas de irrigação produzem os maiores pesos de frutos registrados.

Como reação a aplicação de água com salinidade elevada a planta do coqueiro responde com o aumento da eficiência da floração relacionado com a colheita de frutos, ou seja, emite menos flores para obter a mesma produção que em condições adequadas de cultivo.

REFERÊNCIAS

BHASKARAN, U.P.; LEELA, K. Response of coconut to irrigation in relation to production status of palms and soil type. In: **Proceedings of PLACROSYMI 1**. Kasaragod: Indian Society for Plantation Crops, 1977. p. 200-206.

COOMANS, P. Influence des facteurs climatiques sur les fluctuations saisonniesrs annuelles de la production du cocotier. **Oléagineux**, v. 30, n .4, p. 153-159, 1975.

CUENCA, M. A. G. Importância econômica do coqueiro. In: FERREIRA, J.M.S.; WARWICK, D.R.N.; SIQUEIRA, L. A. **A cultura do coqueiro no Brasil**. 3. ed. Brasilia: Embrapa-SPI; Aracaju: Embrapa-CPATC, 1997, p. 65-71

EMBRAPA. Serviço Nacional de levantamento de solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p

FAO. **Coconut tree of life**. Rome: FAO. 1984. 446p. (Plant Production and Protection Paper 57).

FAOSTAT. Disponível em > **www.faostata.fao.org/faostat.** > Acessado em 14 de mar. de 2006.

FERREIRA NETO, M. **Desenvolvimento produção do coqueiro sob diferentes salinidades de água de irrigação**. Campina Grande: UFPB. 2001. 88 f. (Dissertação de Mestrado).

FERREIRA, J.M.S.; LIMA, M.F.; SANTANA, D.L.Q.; MOURA,J.I.L.; SUZA,L.A. Pragas do coqueiro. In: FERREIRA, J.M.S.; WARWICK, D.R.N. & SIQUEIRA, L. A. **A cultura do coqueiro no Brasil**. 3. ed. Brasilia: Embrapa-SPI; Aracaju: Embrapa-CPATC, 1997, cap.2, p. 67-71.

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. 3. ed. Maceió: EDUFAL, 2000. 422 p.

FRÉDMOND, Y.; ZILLER, R. ; NUCÉ DE LAMOTHE, M. DE **El cocotero: técnicas agírcolas y productiones tropicales.** Barcelona: Editora Blume, 1975. 236 p.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 13 ed. São Paulo: Nobel, 1990. 468p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRA DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em > **www.sidra.ibge.gov.br** > Acessado em 15 de mar. de 2006.

MAAS, E.V.; GRATTAN, S.R. Crop yields as affected by salinity. In: **Agricultural drainnege**. (ed) n. 38, p. 55 – 100, 1999.

MAGAT, S.S.; MARGATE, R.Z.; HABANA, J.A. Effects of increasing rates of sodium chloride (common salt) fertilization on coconut palm growth and inland soil (Topudalfs), of Mindanao. Philippines. **Oléagineux**, v. 43, n. 1, p. 13-19, 1988.

MARINHO, F. J. L. **Germinação, crescimento e desenvolvimento do coqueiro anão verde sob estresse salino**. Campina Grande: UFCG, 2002. 196 f. (Tese de Doutorado).

PASSOS, E. E. M. Ecofisiologia do coqueiro. In: FERREIRA, M. S. WARWICK D.R.N.; SIQUEIRA, L. A. 2 ed. **A cultura do coqueiro no Brasil**. Brasília: EMBRAPA – SPI Aracaju: EMBRAPA/CPATC, 1997. Cap. 3. p 65 – 73.

PASSOS, E. E. M.; SILVA, J. V. Foctionnement des stomates de cocotier (Cocos nucifera) au champ. **Canadian Journal of Botany**, v. 68, p. 458-460, 1990.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análise estatística no SAEG.** Viçosa: UFV, Impr. Univer., 2001. 301p.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: United States Salinity Laboratory, 1954, 160 p. (Agriculture Handbook, 60).

SHANNON, M. C. Adaptation of plants to salinity. **Advances in Agronomy**, v. 60, p. 75-120, 1997.

SIQUEIRA, E. R.; RIBEIRO, F. E.; ARAÇÃO, W. M.; TUPINAMBÁ, E. A.. Melhoramento genético do coqueiro In: FERREIRA, M. S.; WARWICK, D.R.N.; SIQUEIRA, L. A. ed 2. **A cultura do coqueiro no Brasil**. Brasília: Embrapa-SPI Aracaju: EMBRAPA/CPATC, 1997. cap. 4. p. 73-98.

YUSUF, M.; VARANDAN, K. M. Water management studies on coconut in India. In: NAIR, M. K.; KHAN, H.H.; GOPALASUNDARAM, P. BHASKAARARAO, E.V.V. **Advances in coconut research and development**. New Delhi: IBH. 1993. p. 337-346.

REVISTA CAATINGA — ISSN 0100-316X
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO (UFERSA)
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

SATURAÇÃO POR ALUMÍNIO E SUA VARIABILIDADE ESPACIAL NO PRIMEIRO HORIZONTE EM VÁRZEA DO LITORAL PARAIBANO.

Carlos Henrique de Azevedo Farias
Pesquisador da Destilaria Miriri S/A, Doutor em Recursos Naturais, Fone: (083) 3292 2116, E-mail carlos.henrique@miriri.com.br

Gabriel Saturnino de Oliveira
Geógrafo Gerente Agrícola, Destilaria Miriri S/A. E-mail: gabriel@miriri.com.br

Francisco Lourival de Sousa
Estudante de Administração e Supervisor da Destilaria Miriri S/A. E-mail: lourival@miriri.com.br

Halan Vieira de Queiroz Tomaz
Mestrando em Agronomia da ESALq. E-mail: halanvieira@hotmail.com

Paulo César Moura da silva
Bolsista DCR Universidade Estadual do Rio Grande do Norte, E-mail: paulo.moura32@hotmail.com

Resumo: o trabalho foi conduzido na Fazenda Santa Luzia no município de Cruz do Espírito Santo/PB. Situada na coordenadas Lat 6°56'52.21"S e Log 35°7'57.01"O com o objetivo de verificar a variabilidade espacial no que diz respeito à saturação de alumínio no Complexo de Troca Catiônica (CTC). A área total considerada como unidade experimental foi de 49 ha. A área foi dividida em malha irregular totalizando 39 pontos, cada ponto de coleta, inclusive os limites da propriedade, foi georreferenciado com um GPS Geodésico. A coleta do solo se deu em trincheiras de 1 m^3. O teor de Alumínio no primeiro horizonte do perfil do solo estudado apresenta característica de forte de dependência, haja visto a relação entre efeito pepita/patamar de < 25%. A saturação de alumínio é, em 61,5% da área, normal e nos demais 38,5% da área demanda correção.

Palavras-chave: saturação, geoestatística, curtose

SATURATION FOR ALUMINUM AND HER SPACE VARIABILITY IN THE FIRST HORIZON IN COAST MEADOW IN PARAIBA STATE - BRAZIL.

Abstract: the work was accomplished in Santa Luzia Farm in the municipal district of Cruz do Spirit Saint, PB. Located in the coordinates Lat 6° 56'52.21" S and Log 35° 7'57.01" O with the objective of verifying the space variability in what concerns the saturation of aluminum in Interchangeable Catiônica's Complex (ICC). the total area considered about experimental unit was of 49 ha. The area was divided in irregular mesh totaling 39 points, each collection point, besides the limits of the property, it was georreferenciado with a Geodesic GPS. The collection of the soil felt in trenches of 1 m^3. The tenor of Aluminum in the first horizon of the profile of the studied soil presents characteristic of dependence fort, have seen the relationship n effect/ landing of < 25%. the saturation of aluminum is, in 61,5% of the area, normal and in the others 38,5% of the area demand correction.

Keywords: saturation, geostatistics, kurtosis

INTRODUÇÃO

O solo dos tabuleiros costeiros são solos pobres do ponto de vista químico e algumas práticas de manejo se apropriam mais para este tipo de solo de clima tropical. É imprescindível a determinação da variabilidade espacial das propriedades químicas do solo com o intuito de diagnosticar e prescrever o melhor ou o mais adequado manejo para o mesmo.

A adoção de um manejo adequado com base apenas nos resultados das análises de amostras isoladas e/ou submetidas à estatística descritiva convencional não mais parece uma saída adequada única, por não considerar a estrutura espacial do solo (até do ponto de vista de sua formação geológica), muito embora seja de extrema importância em alguns casos específicos. Algumas pesquisas tem sido desenvolvidas no sentido de determinar, com ferramentas mais precisas essa variação espacial, utilizando a geoestatística para verificar o grau de dependência espacial entre os pontos amostrados numa determinada área com os estudos das variáveis regionalizadas.

Farias et al. (2004) e estudaram o solo dos tabuleiros costeiros paraibanos e constataram que, para o alumínio, houve uma aleatoriedade na sua distribuição e que em 80% da área da fazenda a saturação de alumínio variou de 0 a 12% em um modelo geoestatística linear.

Já para Farias & Oliveira (2007) em solo da região de Sapé/PB há dependência espacial comprovada para saturação por alumínio. Para Silva & Chaves (2001) os teores de Potássio, Fósforo e Matéria Orgânica em alissolos do estado de Pernambuco apresentam forte correlação espacial.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Fazenda Santa Luzia no município de Cruz do Espírito Santo/PB. Situada na coordenadas Lat 6°56'52.21"S e Log 35°7'57.01"O com o objetivo de verificar a variabilidade espacial no que diz respeito à saturação de alumínio no Complexo de Troca Catiônica (CTC). A área total considerada como unidade experimental foi de 83 ha. A área foi dividida em malha irregular totalizando 49 pontos, cada ponto de coleta, inclusive os limites da propriedade, foi georreferenciado com um GPS Geodésico.

A coleta do solo se deu em trincheiras de 1 m^3. Para as análises químicas, o solo foi estudado o primeiro horizonte do perfil de cada ponto georreferenciado, independentemente da sua profundidade. As amostras de solo foram analisadas pelo Laboratório de Irrigação e Drenagem do Departamento de Engenharia Agrícola, órgão ligado ao Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande.

Procedeu-se com as análises descritivas da estatística convencional, onde foram avaliados a média, os coeficientes de curtose e de variação. De acordo Warrick & Nielsen (1980) citado por Silva & Chaves (2001) pode-se classificar a variabilidade das variáveis estudadas em função do CV em três classes: baixa (CV<12%), média (12<CV<62%) e alta (CV>62%). Silva & Chaves (2001) recomendam o teste KS como forma de avaliar a distribuição de freqüência dos dados e verificar a aderência dos dados a distribuição normal.

Para Costa Neto (1997) o teste KS consiste no cálculo das diferenças entre a probabilidade das variáveis normais reduzidas e a probabilidade acumulada dos dados experimentais. Segundo o autor, se o valor calculado em módulo for menor que o tabelado a distribuição experimental é aceita como aderida a distribuição normal. Par um número de amostras maior que 50 tem-se que:

$$KS = \sqrt{-\ln(p/2)/2n}$$

em que: KS = Diferença máxima admitida entre a curva experimental e a aleatória; p = Nível de significância; n = Número de amostras.

A técnica empregada neste trabalho para avaliar a dependência espacial dos dados amostrados foi a da geostatistica com os estudos de estacionaridade dos dados através do semivariograma, que é por definição:

$$\gamma(h) = (1/2)E\left\{\left[Z(x_I) - Z(x_I + h)\right]^2\right\}$$

e pode ser estimado por:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)}\sum_{i=1}^{N(h)}\left[Z(x_i) - Z(x_i + h)\right]^2$$

em que: N(h) é o número de pares de valores medidos $Z(x_i)$, $Z(x_i + h)$, separados por um vetor h.

Os semivariogramas confeccionados foram unidirecionais sendo, logo após, definidos os seus coeficientes teóricos quais sejam: o efeito pepita (Co); o patamar (C) e o alcance de dependência espacial (Ao) (Vieira et al., 2000). Cambardella et al. (1994) citam que para o estudo de dependência espacial a interpretação da relação entre efeito pepita e o patamar se faz necessário e deve ser vista da seguinte forma: Co ≤ 25% do C forte dependência espacial, 25%<Co<75% do C dependência espacial moderada e Co> 75% do C dependência espacial fraca.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se, pela Figura 2 que o 1º horizonte (com profundidade média de 28 cm) apresenta pontos de elevada saturação de alumínio. Uma análise estatística de freqüência (Tabela 1), revela que nesse perfil do solo 61,5% da área dessa várzea apresenta uma saturação de alumínio ainda aceitável mais já preocupante variando em torno de 0 a 5,74%; 28,20% da área tem uma saturação por alumínio entre 5,75 e 10,06% e em apenas 10,30% da área o solo apresenta uma saturação entre 10,70 e 18,18%.

Para Tomé Jr. (1997) saturação de alumínio, em relação à CTC do solo, de 6% já é limitante a produção de culturas. Neste horizonte do solo, que está situado entre 0 e 28 cm, em média, o grau de dependência (GD); definido através da relação C_o/C, citada por Cambardella et. al. (1994), no horizonte estudado, indica que há uma forte dependência espacial entre um ponto e seus vizinhos, com um GD de 0,089 em modelo exponencial de 111 m de alcance (Tabela 2 e Figura 1) Berner et. al. 2007 estudaram em um cambissolo as propriedades químicas e sua variabilidade; os autores definiram através da geoestatística um modelo esférico para o teor de alumínio expresso em $cmol_c\ kg^{-1}$; eles afirmam que para a camada de 0 a 10 cm há um alcance de 26 m com um GD de 40 sendo de moderada dependência espacial. Pelo estudo de Berner et. al. 2007 algumas propriedades, a exemplo o alumínio, apresentaram comportamento diferentes nas três

camadas estudadas (0 a 10; 10 a 20 e de 20 a 30 cm); de fato nas três profundidade e nos dois tratamento estudado foi comprovada a dependência espacial de moderada a forte.

Já para Silva et al. (2003) em Argissolo Vermelho Amarelo o teor de alumínio trocável, expresso em $cmol_c\ kg^{-1}$, apresenta um GD de 0,88 com um alcance de 7,5 m; pela classificação proposta por Cambardella et. al. (1994), o grau de dependência espacial é forte. Para os autores a saturação por alumínio em relação ao complexo de troca catiônica também se apresenta como sendo de forte dependência espacial, haja vista o GD de 0,95 com um alcance de 7,63 m com um modelo exponencial.

Tabela 1. Estatística descritiva para a saturação de alumínio no horizonte estudado da Várzea da Fazenda Santa Luzia. Cruz do Espírito Santo/PB

Variável	Média (%)	Valor (%)		Coeficiente		Teste KS*	
		Menor	Maior	Variância	Curtose	D_{max}	D_t
1° horizonte	5,50	0	18,18	18,47	0,999	0,717	0,115

KS - teste de kolmogorov-Smirnov; D_{max} - diferença absoluta entre a função de distribuição normal acumulada, e a freqüência relativa observada acumulada e ajustada, D_t - valor crítico tabelado para um tamanho de amostra *n*, $\delta = 0,5$ e significância α.

Tabela 2. Geoestatística para a saturação de alumínio no horizonte estudado da Várzea da Fazenda Santa Luzia. Cruz do Espírito Santo/PB

Variável	C_o	C	Alcance (m)	$[C_o/C] \times 100$	Modelo	R^2
1° horizonte	0,0010	1,122	111	0,089	Exponencial	0,826

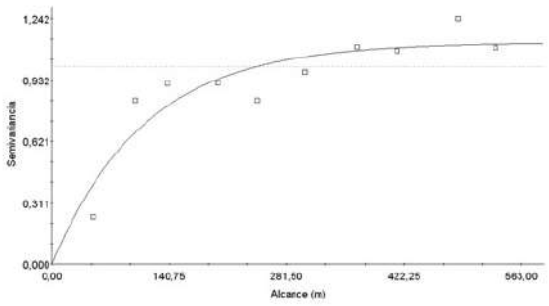


Figura 1. Semivariograma, para o horizonte estudado, da Várzea da Fazenda Santa Luzia. Cruz do Espírito Santo/PB

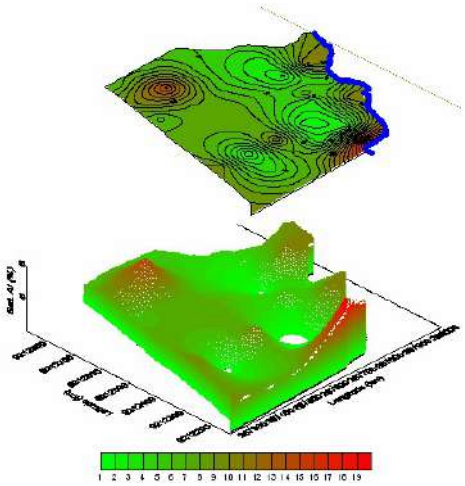


Figura 2. Distribuição espacial alumínio, no horizonte estudado, da Várzea da Fazenda Santa Luzia. Cruz do Espírito Santo/PB

CONCLUSÕES

Há uma forte dependência espacial quanto à saturação de alumínio no solo de Várzea da Fazenda Santa Luzia.

A saturação de alumínio em relação ao complexo de troca catiônico no solo da Fazenda Santa Luzia, está em 61,5% da área normal.

Em 38,5% da área os teores verificados no solo da fazenda Miriri são limitantes à produção de cana-de-açúcar.

AGRADECIMENTO

À Destilaria Miriri S/A pelo apoio total e irrestrito, e pela permissão para esta publicação.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMBARDELLA, C. A; MOORMAN, T. B; NOVACK, J. M; PARKIN, T.B; KARLEN,D.L; TURCO R. F.; KNOPKA, A. E. Field-scale variability of soil proprieties in central Iowa soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 58: 1240-1248, 1994.

BERNER, P.G.M.; VIEIRA; S.R.; LIMA, E.; ANJOS, L.H.C. dos. *Variabilidade espacial de propriedades físicas e químicas de um cambissolo sob dois sistemas de manejo de cana-de-açúcar.* Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31 p.837-844, 2007.

COSTA NETO, P.L.O. *Estatística.* 15 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1997. 468p.

COUTO, E.G.; KLAMT, E. & STEIN, A. Estimativa do teor de argila e do potássio trocável em solos esparsamente amostrados no sul do estado de Mato Grosso. R. Bras. Ci. Solo, 24:129-140, 2000.

FARIAS, C. H. de A.; OLIVEIRA, K. S. de; ANTUNES, V. L.; SILVA, P. C. M. da. Variabilidade química do solo dos tabuleiros costeiros paraibanos I: fósforo, cálcio e alumínio. *XXXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola.* CD ROM, São Pedro, SP, 2004a. 4p.

FARIAS, C. H. de A., OLIVEIRA G. S. de. Alumínio: variabilidade em tabuleiro costeiro paraibano e sua influência no cultivo da cana-de-açúcar. *XXXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola*. CD ROM. 2007, 4p, Bonito/MS.

SILVA, P.C.M. da & CHAVES, L.H.G. Avaliação e variabilidade espacial de Fósforo, Potássio e matéria orgânica em alissolos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. V.5, n.3, p.431-436,2001.

SILVA, V. R.; REICHERT, J. M.; STORCK L. FEIJÓ, S. *Variabilidade espacial das características químicas do solo e produtividade de milho em um argissolo vermelho-amarelo distrófico arênico.* Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.27, p. 1013-1020, 2003.

VIEIRA, S.R. G*eoestatística em estudos de variabilidade do solo.* In: tópicos em ciência do solo, volume I, SBCS, Viçosa-MG, p.2-52, 2000.

TOMÉ JR., J. B. *Manual para interpretação de analises de solo.* Guaíba, Agropecuária, 1997, 247p.

REVISTA CAATINGA — ISSN 0100-316X
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO (UFERSA)
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

ZONEAMENTO AMBIENTAL DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DO MUNICÍPIO DE MARTINS, RN

Joel Medeiros Bezerra
Estagiário do Laboratório de Geoprocessamento da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), Mossoró-RN, Caixa Postal 137, Mossoró-RN, CEP 59625-900. E-mail:joel_medeiros@oi.com.br

Alex Pinheiro Feitosa
Graduando do curso de Bacharelado em Engenharia Agrícola & Ambiental pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Departamento de Ciências Ambientais, Caixa Postal 137, Mossoró-RN, CEP 59625-900. E-mail: alexrn9@hotmail.com

Carlos Thiago da Silveira Lopes Morais
Graduando do curso de Bacharelado em Engenharia Agrícola & Ambiental pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Departamento de Ciências Ambientais, Caixa Postal 137, Mossoró-RN, CEP 59625-900. E-mail: ctmorais7@hotmail.com

Paulo César Moura da Silva
Prof. Dr. Adjunto, UFERSA, Departamento Ciências Ambientais, CEP: 59.600-970, Mossoró-RN, fone: (84) 8837-5060, E-mail:paulo.moura@ufersa.edu.br

Isolda Ramalho da Silva
Prof. Ms. Universidade Estadual do Rio Grande do Norte, Departamento de Ciências Biológicas, CEP: 59.610-210, E-mail: isolda.ramlho@oi.com.br.

RESUMO – O presente trabalho teve como objetivo realizar um estudo ambiental das Áreas de Preservação Permanente (APP´s) do município de Martins, localizada na mesoregião do Oeste Potiguar e microrregião de Umarizal, no Estado do Rio Grande do Norte, apresentando um forte potencial turístico, pelo seu clima agradável, trilhas e mirantes para uma bela vista da serra, buscou-se identificar os principais problemas relacionados com o uso e a apropriação indevida dos recursos naturais, através da caracterização em documentos cartográficos, orientadas pela legislação ambiental vigente, que sirvam de base para a tomada de decisões quanto à ocupação da superfície do município. Os mapas, na escala de 1:100.000, com a delimitação das APP's foram gerados com auxilio de SIG, imagens de satélite em composição colorida e arquivos vetoriais em conseqüência enriquecimento ilustrativo visual qualitativo e quantitativo, originando um banco de dados que subsidiará possíveis intervenções na área. As conclusões foram significativas e chamaram atenção para as seguintes situações: as APP's ocupam 32,62% da área do município, limitando o uso e ocupação do solo, já a APP de Topo de Morro que abrange uma área 25,52% da superfície municipal.

PALAVRAS CHAVES: áreas de preservação permanente; geoprocessamento; zoneamento ambiental.

ZONING ENVIRONMENTAL PRESERVATION OF AREAS OF THE MUNICIPALITY OF PERMANENT MARTINS, RN

ABSTRACT – The present work had as objective accomplishes study of environmental zonamento of the Areas of Permanent Preservation (APP´s) of Martins' city, located in Oeste Potiguar's mesoregion and microrregion of Umarizal, in the State of Rio Grande do Norte, located in the mountainous area of the state and with a tourist potential fort, for your pleasant climate, trails and observatory for a beautiful view of the mountain, where she looked for to identify the principal problems related with the use and the improper appropriation of the natural resources, through the characterization in cartographic documents, guided by the effective environmental legislation, that serve as base for the electric outlet of decisions with relationship to the occupation of the surface of the municipal district. The maps, in the scale of 1:100.000, with the delimitacion of APP's were generated with I aid of SIG, satellite images in colored composition and vectorial files in consequence qualitative and quantitative visual illustrative enrichment, originating a database that will subsidize possible interventions in the area. The conclusions were significant and they got attention for the following situations: APP's occupy 32,62% of the area of the municipal district, limiting the use and occupation of the soil, already APP of Top of Hill that embraces an area 25,52% of the municipal surface.

KEY WORDS: areas of permanent preservation; geoprocessing; environmental zoning.

INTRODUÇÃO

Os aglomerados urbanos, não raro, nascem e crescem a partir de rios, por motivos óbvios, quais sejam, além de funcionar como canal de comunicação, os rios dão suporte a serviços essenciais, que incluem o abastecimento de água potável e a eliminação dos efluentes sanitários e industriais. Ao longo desses cursos d´água, em tese, deveriam ser observadas todas as normas que regulam as Áreas de Preservação Permanente (APP´s). Na prática, todavia, essas e outras APP's têm sido simplesmente ignoradas na maioria de nossos núcleos urbanos, realidade que se associa a graves prejuízos ambientais, como o assoreamento dos corpos d´água, e a eventos que acarretam sérios riscos para as populações humanas, como as enchentes e os deslizamentos de encostas.

Atualmente os estudos de planejamento e gestão utilizam como unidade básica de trabalho as bacias hidrográficas, e na medida em que estes estudos precisam solucionar os problemas de deterioração da qualidade ambiental e de desenvolvimento antrópico descontrolado, torna-se necessário também os estudos de uso e ocupação da terra atualizados. Na tentativa de combater os aspectos negativos do mesmo, as autoridades desenvolveram vários dispositivos legais.

Dentre eles a Política Nacional de Meio Ambiente, prevista na lei Nº 6.938, tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando a assegurar, no País, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade humana. De acordo com o artigo 9º, parágrafo II, o zoneamento ambiental é previsto como um de seus instrumentos.

Visto a importância foi decretada a lei Nº 4.297, que estabelece critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil, onde o mesmo tem por objetivo geral organizar, de forma vinculada, as decisões dos agentes públicos e privados quanto a planos, programas, projetos e atividades que, direta ou indiretamente, utilizem recursos naturais, assegurando a plena manutenção do capital e dos serviços ambientais dos ecossistemas.

Segundo Egler et al, (2003) o zoneamento ambiental é um instrumento político e técnico de planejamento, cuja finalidade última é otimizar o uso do espaço e as políticas públicas. Ainda de acordo com o mesmo, essa otimização é alcançada pelas vantagens que ele oferece.

Considerando esses aspectos, o zoneamento caracteriza-se, assim, como instrumento ativo para o desenvolvimento sustentável, e não apenas instrumento corretivo e restritivo, como freqüentemente se pensa. Embora pautado na identificação de zonas "homogêneas", na verdade busca tirar partido da diversidade territorial, promovendo a compatibilidade sistêmica entre as zonas (Egler et al., 2003).

O esforço na determinação de diferentes aptidões para cada trecho do espaço territorial, ou seja, o zoneamento, não importando a finalidade e os critérios, ganhou agilidade com o advento das técnicas de geoprocessamento e "softwares/hardwares" capazes de manipular uma infinidade de dados, retornando informações otimizadas.

Diante desse fato, as metodologias possíveis de serem implementadas, por meio do geoprocessamento, tornam se alternativas viáveis para reduzir de maneira significativa as deficiências relativas ao cumprimento das leis pertinentes. As condições oferecidas permitem integrar informação cartográfica e tabular, possibilitando por meio da análise ambiental estabelecer correlações espaciais, relações de causa e efeito e aspectos temporais que antes eram impraticáveis pelos meios tradicionais existentes (Xavier-da-Silva, 1992), auxiliando de maneira decisiva a investigação da adequação do uso da terra em áreas de preservação permanente (APP´s).

O geoprocessamento pode ser definido como sendo o conjunto de tecnologias destinadas a coleta e tratamento de informações espaciais, assim como o desenvolvimento de novos sistemas e aplicações, com diferentes níveis de sofisticação (Rosa, 2004).

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) é um caso específico do Sistema de Informação. Um SIG pode ser definido como um sistema destinado à aquisição, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados referidos espacialmente na superfície terrestre, integrando diversas tecnologias. Essa tecnologia automatiza tarefas até então realizadas manualmente e facilita a realização de análises complexas, através da integração de dados de diversas fontes.

O objetivo geral de um sistema de informação geográfica é, portanto, servir de instrumento eficiente para todas as áreas do conhecimento que fazem uso de mapas, possibilitando: integrar em uma única base de dados informações representando vários aspectos do estudo de uma região; permitir a entrada de dados de diversas formas; combinar dados de diferentes fontes, gerando novos tipos de informações; gerar relatórios e documentos gráficos de diversos tipos, etc.

O processo de planejamento ambiental pode ser estabelecido por intermédio da elaboração e execução tanto de um Plano de Gestão, como de um Zoneamento Ambiental pela sua complementaridade (IBAMA, 1997).

De maneira geral, os debates acerca da preservação e conservação da vegetação nativa, sobretudo aquela situada ao longo dos cursos d'água, nascentes e em regiões de topografia acidentada tem ocupado lugar de destaque, sendo um dos pilares para técnicos, pesquisadores e ambientalistas que preconizam a sua importância para proteção dos recursos hídricos, (Silva et al, 2005).

A ausência de um instrumento de planejamento ambiental na maioria das Áreas de Preservação Ambientais Federais deve-se a uma gama de fatores que vêm limitando a sua viabilização, quer pela escassez de recursos destinados para este fim, ou pela sua grandeza territorial abrangendo mais de um Município, sobrepondo Estados com características e legislações diferenciadas, originando conflitos, tanto de interesses locais, devido à sobreposição de leis, de políticas públicas de

desenvolvimento regional e desencontros institucionais, como pelas suas estruturas fundiárias complexas, os quais dificultam ao ordenamento do uso e ocupação do solo, conservação dos recursos naturais e incentivos aos proprietários, inviabilizando qualquer iniciativa em instrumentalizá-las.

As APP's são consideradas de acordo com Código Florestal (Lei no 4.771, de 15/09/65, alterada pela Lei no 7.803, de 8/08/93), no seu Artigo 2º, como locais onde devem ser mantidas todas as florestas e demais formas de vegetação natural. Estes locais foram definidos como de proteção especial, pois representam áreas frágeis ou estratégicas em termos de conservação ambiental, não devendo ser modificadas para outros tipos de ocupação. A manutenção da vegetação natural nestes locais contribui para o controle de processos erosivos e de assoreamento dos rios, para garantir qualidade dos recursos d'água e mananciais e para a proteção da fauna local.

Então, o presente estudo tem como objetivo delimitar e quantificar as APP's, com base na lei federal Nº 7.803/1989 (altera a redação do Código Florestal), e resoluções CONAMA Nº 004/1985 (prevê Reservas Ecológicas) e Nº 303/2002 (dispões sobre parâmetros, definições e limites de APP's). Bem como embasar de forma mais adequada órgãos públicos destinados à fiscalização e manejo de tais áreas.

MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Martins está localizado numa região serrana do Médio Oeste Potiguar, a 362 quilômetros de distância da capital, cujas coordenadas centrais são 620649,32 e 9328186,08 na zona 24, em projeção UTM-SAD 69.

A área de estudo possui clima do tipo tropical de altitude, com duas estações bem definidas uma seca (inverno) e outra com chuvas intensas (verão), apresentando temperatura média de 25ºC, de ar puro e agradável, faz de Martins um ótimo local para se visitar.

A escolha do município de Martins para o desenvolvimento do presente trabalho deu-se em função da mesma apresentar Áreas de Preservação Permanente (APP's) suscetíveis à exploração pelas mais variadas atividades e por inexistir uma proposta de zoneamento no município, que ressente da falta de um planejamento participativo para direcionar suas ações; pela necessidade de preservar os atributos naturais, que a tornam uma área especial sob o ponto de vista da conservação da biodiversidade; do potencial turístico; do desenvolvimento sustentado; da existência das comunidades artesanais, e pelos conflitos de uso e ocupação do espaço terrestre.

Apresentando altitude media de 703 m, com população de 7.267 habitantes, área Total de 171,3 km² e densidade demográfica de 42,42 hab/km². Sua economia básica é a agricultura, e pecuária de leite e corte, além da atividade turística no período mais frio do ano.

A cidade de Martins em relação ao estado a qual se insere (Figura 1).

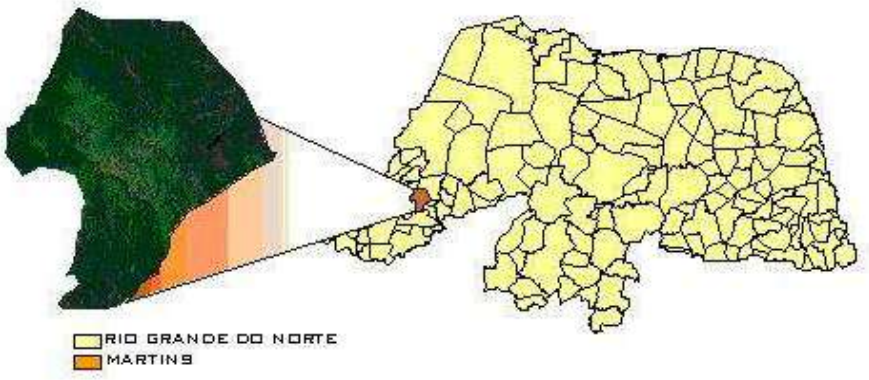


Figura 1. Localização da área de estudo em relação ao Estado do Rio Grande do Norte

MAPEAMENTO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

Para o zoneamento das APP's do município de Martins foram utilizados:

- SIG (ferramenta responsável pelo processamento dos dados) e seus recursos que serão citados no decorrer do trabalho;
- Imagem TM LANDSAT 7 composição colorida RGB 345, resolução 30x30m, disponibilizada pelo Laboratório de Geoprocessamento da UERN (Universidade Estadual do Rio Grande do Norte);
- Arquivos vetoriais da área do município, drenagem, geologia, solos, curvas de nível, malha viária, disponibilizados pela SEMARH-RN (Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do RN), EMBRAPA, DNIT e CPRM;
- Todos os arquivos vetoriais e matriciais foram georreferenciados na projeção UTM, "DATUM" SAD 69, fuso 24, assim como os resultados;

- Lei Federal Nº 4.771, de 1965;
- Lei Federal Nº 7.803, de 1993;
- Lei Federal Nº 6.766, de 1979;
- Resolução CONAMA 302/2002 (dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno).
- Resolução CONAMA Nº 303/2002 (dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente).

TRATAMENTO DOS ARQUIVOS GEORREFERENCIADOS

Antes de começar a aplicar os métodos disponíveis no SIG (Sistemas de Informações Geográficas) para efetuar o mapeamento das áreas protegidas, fez-se necessário trabalhar os arquivos vetoriais com as informações da rede de drenagem, curvas de nível, geologia e etc.

De início foi necessário obter os limites do município em estudo, o mesmo foi feito após a edição do arquivo vetorial contendo todos os municípios do estado do Rio Grande do Norte.

Com os limites estabelecidos, foram conservadas apenas as informações de cada arquivo vetorial, pertinentes ao município. Através de operações de pertinência e contingência.

APP'S DE MARGENS DE RIOS

O mapeamento das APP's de margens de rios foi obtido por meio de arquivos vetoriais da rede de drenagem do município. Sendo separada a drenagem intermitente da perene, devido à drenagem perene geralmente ter largura superior a da intermitente. Feito "Buffer" de camadas em ambos os lados da drenagem com as distâncias de 30m e 50m, para a drenagem intermitente e perene respectivamente, de acordo com a legislação:

> CONAMA 303/2002
> Art. 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área situada:
> I – em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima, de:
> Trinta metros, para o curso d'água com menos de dez metros de largura;
> Cinqüenta metros, para o curso d'água com dez a cinqüenta metros de largura;

APP'S DE NASCENTES

O mapeamento das APP's de nascentes foi obtido por meio de arquivos vetoriais da rede de drenagem do município. Sendo determinado os pontos de nascentes, em seguida sendo feito "Buffer" de camadas na periferia da superfície de drenagem com as distâncias de 50m de raio do ponto central.

Segundo a Lei Federal 4.771/65, alterada pela Lei 7.803/89 e a Medida Provisória n.º 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, "Consideram-se de preservação permanente, pelo efeito de Lei, as áreas situadas nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, devendo ter um raio mínimo de 50 (cinqüenta) metros de largura."

APP'S DE TOPO DE MORROS E MONTANHAS

De acordo com a Resolução CONAMA 303/2002, morro é uma elevação do terreno com cota do topo em relação a base entre cinqüenta e trezentos metros e encostas com declividade superior a trinta por cento.

Com as curvas de nível do município de Martins, usando a função TIN para modelar as declividades, verificou-se que o mesmo é provido de acentuada presença de morros, sendo que sua maior altitude é 760m. Transformando a modelagem em "Grid" e fazendo uso do recurso "álgebra de mapas", foram encontradas declividades superiores a quarenta e cinco por cento, portanto o município conta com APP's de encostas.

APP's de encostas

O mapeamento das APP's de encostas foi obtido por meio de arquivos vetoriais das curvas de nível do município. Usando a função TIN para modelar as declividades, em seguida transformando a modelagem em "Grid", sendo ainda aplicado uma função que forneceu o percentual de declividade na periferia da superfície. Por fim fez-se uso do recurso "álgebra de mapas", sendo encontradas declividades superiores a quarenta e cinco graus ou cem por cento, conforme a legislação em vigor:

> CONAMA 303/2002
> Art. 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área situada:
> I - Nas encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive.

Utilizou-se os resultados em forma de gráficos e tabela, constando das percentagens e áreas em hectares, ocupadas por cada APP.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na metodologia relatada foram gerados os mapas das Áreas de Preservação Permanente do município de Martins, representadas nas figuras no decorrer do trabalho. A Figura 2 exibi a delimitação e setorização das microbacias hidrográficas e das APP's de margens de rios (mata ciliar) e margens das nascentes do município de Martins.

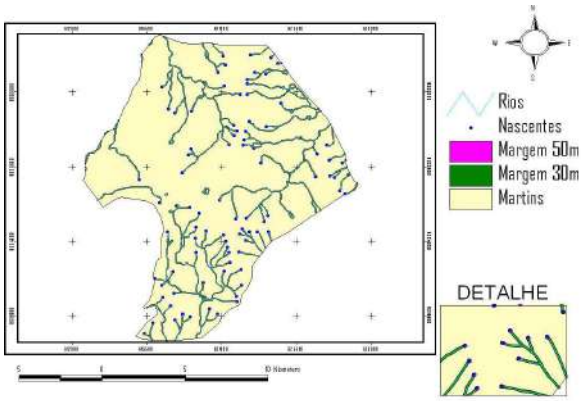


Figura 2. APP's de margens de rios do município de Martins, RN

A rede hidrográfica da APP integra o Sistema de Bacias Isoladas da Vertente Atlântica Nordeste Oriental, compreendendo 6% da superfície total do município de Martins.

São vários os instrumentos normativos que tratam das APP's. Para esta pesquisa foi analisada a legislação ambiental, no âmbito federal.

A área mapeada nessa classe é significativa, cerca de 6,37% de mata ciliar e 0,39% de área de proteção de nascentes, dentro da área do município.

Uma das interferências mais importantes é a mecanização agrícola, a intervenção mecânica é realizada sem qualquer critério, com o objetivo de drenar os terrenos e desassorear os leitos dos rios, e, com isto, modifica o seu curso e a dinâmica dos mesmos. Ao implementá-la, suprimem-se as matas ciliares, danificando os habitats aquáticos, fragmentando e interrompendo o corredor biológico, além de expor as áreas marginais às ações das correntes, ocasionando perda de solos e erosão de suas margens e o carregamento de sedimentos. A Tabela 1 trata da qualificação dos solos do município de Martins levantados na pesquisa.

Tabela 1 – Quantitativo das classes de solos da mesorregião de Martins.

CLASSES DE SOLOS	ÁREA em (Ha)	PERCENTUAL (%)
Argilossolo Vermelho Amarelo	4236,92	40,7
Neossolo litolico	12809,89	59,3
TOTAL	17046,81	100

Conceitualmente solo é o termo aplicado aos níveis mais superficiais da crosta terrestre, constituindo um subsistema formado por materiais orgânicos e minerais. O subsistema resulta da interação entre a rocha mãe, a matéria orgânica de origem vegetal e as comunidades bióticas, modeladas pelas condições ambientais ao longo do tempo (Melo marques, 1995).

A baixa fertilidade natural é conferida pelos altos teores de alumínio. Elemento tóxico ao solo, inibe a disponibilidade de fósforo e outros nutrientes importantes para o desenvolvimento das culturas.

.

De forma genérica os solos do município de Martins, são considerados pelo IBGE (1997b), como "não recomendados para o uso agrícola, indicados somente à conservação ecológica". Sendo um dos principais fatores limitantes ao desenvolvimento de atividades agropecuárias.

A Qualificação dos aspectos geomorfológicos está disposta no município de Martins conforme a Figura 3, relacionados com os resultados seguintes

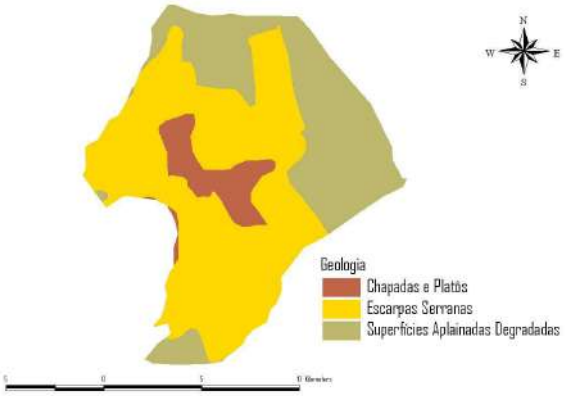


Figura 3 - Qualificação dos aspectos da Geologia do município de Martins, RN

O território caracteriza-se por apresentar um altiplano levemente Inclinado, conhecidos, respectivamente, por Região do Planalto e Encostas.

Tabela 2 – Análise quantitativa das classes de relevo mapeado do município de Martins.

CLASSES DE RELEVO	ÁREA há	PERCENTAGEM %
Chapadas e Platôs	1317,22	7,7
Escarpas Serranas	9955,13	58,4
Superfícies Aplainadas Degradadas	5774,46	33,9
TOTAL	17046,81	100

As serras constituídas unicamente por rochas cristalinas, se caracterizam por apresentar topo pontiagudo ou irregular, na maioria das vezes, sendo formadas por rochas graníticas, ocasionalmente basálticas, apresentando-se geomorfologicamente como corpos isolados do relevo adjacente. DINIZ (1992).

BIGARELLA (1975), admite que a formação serra do Martins tem como correspondente litorâneo os sedimentos da formação Macaíba, e que ambas estão assentadas de forma discordante aos lito tipos do embasamento cristalino, dissociando a formação serra do Martins do grupo barreiras.

Segundo o IBGE (1997), a região de encostas é formada por planaltos sedimentares e serras, resultantes de uma evolução geológica bastante complexa, com episódios datados desde a época do supercontinente Gondwana, há cerca de 600 milhões de anos, gerando diferentes feições geomorfológicas, condicionando o desenvolvimento de sub-regiões distintas em toda sua faixa de extensão e encostas.

A Serra de Martins é uma estrutura considerável, constituída pelos terrenos cristalinos Intrusivos, representada por maciços graníticos subvulcânicos com idade de 570 ± 25 milhões de anos (pré-cambriano superior), constituído de biotita-granitos e quartzos.

De acordo com as características geológicas, verificou-se a concordância com a presente pesquisa, em que se verifica uma grande quantidade de morros, encostas e drenagem na região.

Com auxilio da Figura 4, percebe-se o comportamento do relevo do município, onde tem-se altitudes elevadas em relação ao nível do mar em toda da região das serras, aumentando gradativamente quando aproximadas do seu centróide, tendo picos de 760m em pequenas áreas. As curvas de nível para modelagem foram espaçadas de 5m partindo de curvas espaçadas a 50m, o que caracteriza a grande importância da modelagem nesse tipo de mapeamento.

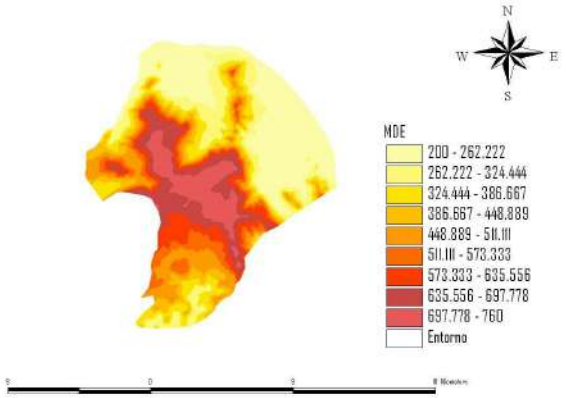


Figura 4. Modelo Digital de Elevação do município de Martins, RN

A Figura 5 representa as APP´s de Encostas do município de Martins.

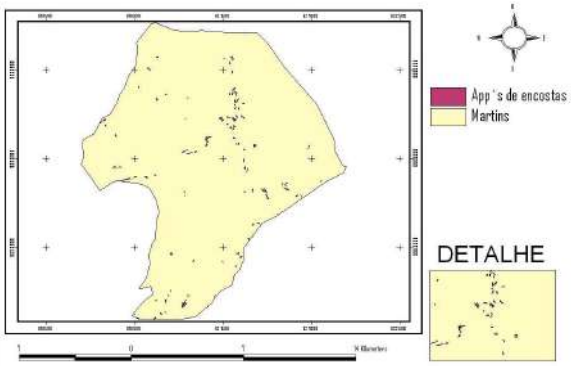


Figura 5 – APP´s de encostas do município de Martins, RN.

No município de Martins foram identificadas Áreas de Proteção Permanente, entre elas, encostas ou partes destas com declividade superior a 45° ou 100%, na sua linha de maior declive; bordas de tabuleiros ou chapadas, com faixa de 100m a partir da linha de ruptura do declive;

Possuindo uma área de encostas de aproximadamente 42,8 ha ou 0,296% da superfície da cidade.

As APP's de topo de morro estão dispostas no município conforme a Figura 6.

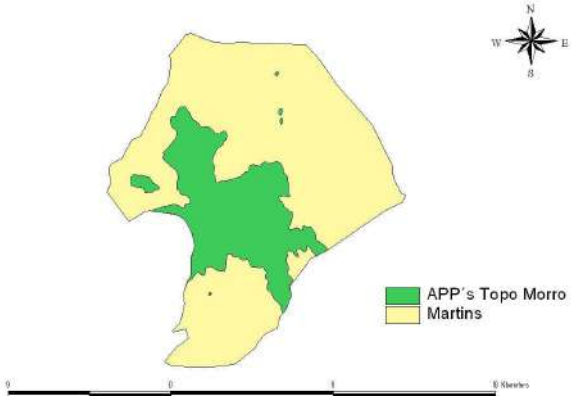


Figura 6 – APP´s de Topo de Morro do município de Martins, RN.

Serras do município de Martins abaixo apresentadas na Figura 7.

Figura 7 – Ilustração da serra do município de Martins, RN

Grande parte do município e Centro urbano situa-se sobre Platôs. As áreas de pecuária e agricultura na sua maioria estão constituídas na planície quaternária, devido à baixa declividade.

Em Martins, a situação fundiária apresenta setores críticos, haja vista estar diretamente relacionada, de um lado, com a modificação da Lei do Perímetro Urbano, que define a Área Urbana do Município, com o aumento da área do perímetro urbano municipal e por outro, com o aumento da especulação imobiliária, este, devido ao aumento crescente do fluxo turístico local.

Outro fator modificador da estrutura fundiária são os loteamentos clandestinos que não têm sido controlados pelo Poder Público. A área mapeada, representada na Figura 8, é uma projeção da influência das rodovias sobre as APP`s do município de Martins.

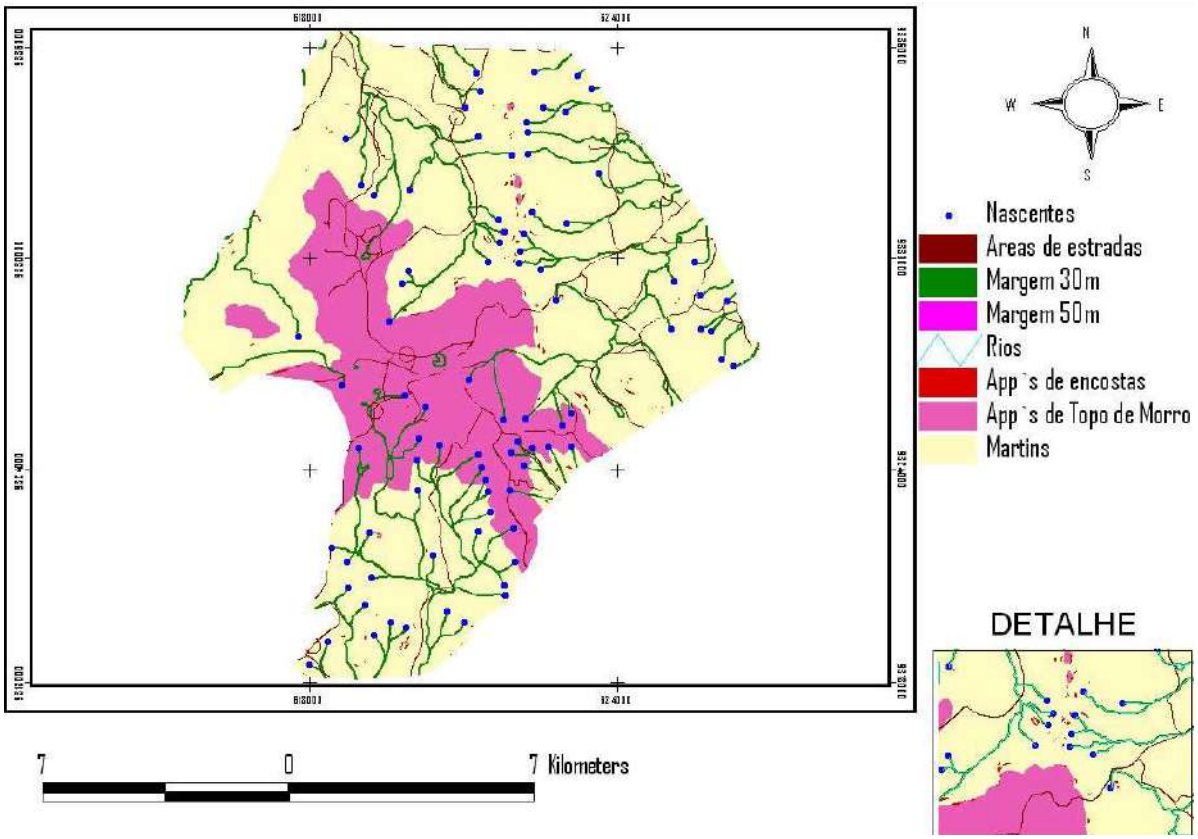


Figura 8 – influência das Rodovias e margens das estradas sobre as APP`s do município de Martins, RN.

O sistema viário do município é composto por 258,45 km de rodovias, das quais 46,15 km são rodovias pavimentadas (BR´s), 71,64 km não pavimentados (vias vicinais) e os demais são de chão batido (caminhos) e uma área de 388.751 ha de margens de 30m de rodovias. Existem duas vias de acesso rodoviário para Martins (figura - 8).

O processo de urbanização está estritamente relacionado com a especulação imobiliária, em função do fluxo turístico, atraído pelos recursos naturais conservados, aptidão turística e baixo preço dos imóveis. Mas o acelerado processo de urbanização observado nas áreas de entorno da cidade de Martins e principalmente no seu interior, tem contribuído significativamente pelo aumento da demanda dos recursos naturais, provocando a degradação dos recursos hídricos superficiais e possivelmente os subterrâneos, devido ao precário sistema de esgotamento de resíduos e efluentes das atividades industriais, domésticas e a influencia direta da propensão de ocupação desordenada das faixas de domínio da rodovia e áreas próximas a esta, o que se constitui hoje em grave problema social e ambiental no Brasil. As áreas correspondentes a tais intersecções das rodovias nas áreas de cada APP bem como sua porcentagem em relação a área do município estão descritas na Tabela 3.

Tabela 3. Comparação de Áreas de Preservação Permanente em relação as rodovias, do município de Martins.

Classes de Áreas	Área (ha)	% das Intersecções	% das Intersecções no Município
Intersecção Topo de Morro x Estradas	145,595	86,98	0,854
Intersecção Mata Ciliar x Estradas	21,556	12,88	0,126
Intersecção Encostas x Estradas	0,24	0,14	0,0014
TOTAL de Área Intersecções	167,391	100,0	0,9814

SÍNTESE DAS APP'S DO MUNICÍPIO DE MARTINS.

Unindo todas as áreas em um mesmo plano, percebemos que existem determinadas áreas cobertas por duas APP's distintas, o que resulta numa importância maior a mesma.

Verificamos com auxilio da Figura 9, que representa em um mesmo plano todas as APP's anteriormente destacadas que em alguns locais as APP's de mata ciliar estão se sobrepondo as APP's de encostas, que por sua vez se sobrepõe as APP's de topo de morro, as áreas correspondentes a tais intersecções estão descritas na Tabela 4, que mostra as áreas de cada APP bem como sua porcentagem em relação à área do município.

Tabela 4. Classes de Áreas de Preservação Permanente do município de Martins.

	Área das APP's		
Classes de APP's	Área (ha)	% das APP's	% das APP's na zona urbana no Município
Intersecção Topo de Morro x Encostas	8,69	0,16	0,05
Margens (30m)	1.085,03	19,51	6,37
Margens (50m)	67,2	1,21	0,39
Topo de Morros	4.349,74	78,21	25,52
Encostas	50,43	0,91	0,29
TOTAL de APP's	5.561,09	100,0	32,62

CONCLUSÕES

1. O município de Martins apresenta 5.561,09ha de Áreas de Preservação Permanente, o que representa 32,62% da superfície do município. Os topos de morros ocupam uma porção significante, representando cerca de 25,52% da superfície do município, sendo a maior área de APP estudada.

2. As ferramentas disponíveis no SIG utilizado foram essenciais para a delimitação das APP's, em especial as de margens de rio, onde a criação de um arquivo vetorial orientado pela composição colorida utilizada, resultaria em uma perda significativa de precisão.

3. As ações de fiscalização e de educação ambiental são extremamente necessárias nesta área, no sentido de conscientizar a população sobre a importância da preservação dos recursos naturais, topos de morro e encostas, a fim de reduzir a degradação dos ambientes naturais.

AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Geoprocesamento da Universidade Estadual do Rio Grande do Norte e ao departamento de Ciências Biológicas, pela cessão de material cartográfico e espaço físico para a realização do presente estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA, Resoluções CONAMA nº 302 e 303, de 2002.

BRASIL, Lei Federal N° 4.771 de 1965.

BRASIL, Lei Federal Nº 7.803, de 1993.

BRASIL, Lei Federal N° 6.766, de 1979.

BIGARELLA JJ. 1975. The Barreiras Group in Northeastern Brazil. An Acad Bras Ci 47 (suplemento).

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE: Resoluções do CONAMA: 1984/91. 4 ed. Brasília: IBAMA, 1992. rev. e aum. 245 p.

Direito Ambiental Brasileiro, p. 623.
DINIZ, R.F., 1992. **Resumo histórico da geologia e mineração no Rio Grande do Norte.** ETFRN - Revista n° 5/Ano 8. Natal/RN

EGLER, Claudio A. G.; CRUZ, Carla B. M.; MADSEN, Paulo F. H.; COSTA, Samir de M.; SILVA, Evânia Alves. Proposta de Zoneamento Ambiental da Baía de Guanabara. Anuário do Instituto de Geociências-UFRJ, vol. 26, p. 127-138, 2003. Disponível em: <http://www>. Acesso em 20 nov. 2007

FERRARI, R. Viagem ao SIG: Planejamento Estratégico, Viabilização, Implantação e Gerenciamento de Sistemas de Informação Geográfica. Sagres Editora, Curitiba, 1997.

FEYERABEND, G. B. 1997. Manejo Participativo de Áreas Protegidas: Adaptando o Método ao Contexto. Gland, UK.IUCN

GUERRA, Antonio José Teixeira & CUNHA, Sandra Baptista da (Org.). Geomorfologia e meio ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 372 p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: jul. 1997.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. Direito Ambiental Brasileiro, 7ª edição. São Paulo:
Malheiros Editores, 1999.

ROSA, R. e BRITO, J.L.S. Introdução ao Geoprocessamento: Sistema de Informações Geográficas.Uberlândia, 1996. ROSA, R. O Uso de SIG's para o Zoneamento: Uma Abordagem Metodológica. Tese de Doutoramento, São Paulo, 1995.

VIEIRA, Paulo Freire e WEBER, Jaques (Org.) Gestão de recursos naturais renováveis e desenvolvimento: novos desafios para a pesquisa ambiental. São Paulo: Cortez, 1997. 500 p.

_____.Ministério do Interior. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos
Naturais Renováveis. Organização básica/IBAMA. Brasília: IBAMA, 1989. 44 p.

_____, Objetivos das Áreas de Proteção Ambiental. Brasília, 1993. 4 p. (datilografado).

REVISTA CAATINGA — ISSN 0100-316X
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO (UFERSA)
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DO MUNICÍPIO DE GROSSOS, RN

Brenno Dayano Azevedo da Silveira
Estagiário do Laboratório de Geoprocessamento da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), Mossoró-RN, fone: (84) 9999-3077, E-mail: brenno.azevedo@hotmail.com

Daniel Roberto Araújo
Estagiário do Laboratório de Geoprocessamento da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), fone: (84) 8835-7808, E-mail: daniel-araujo85@hotmail.com

Paulo César Moura da Silva
Prof. Dr. Adjunto, UFERSA, Departamento Ciências Ambientais, CEP: 59.600-970, Mossoró-RN, fone: (84) 8837-5060, E-mail: paulo.moura@oi.com.br

Resumo - O mapeamento das Áreas de Preservação Permanente (APP's) do município de Grossos, RN, situado em uma região com reconhecido potencial turístico, por suas dunas, praias, salinas artesanais e sítio arqueológico. Interessante para a atividade imobiliária planejada. O objetivo deste trabalho foi a necessidade de produzir documentos cartográficos, orientadas pela legislação vigente, que sirvam de base para a tomada de decisões quanto à ocupação da superfície do município. Os mapas, na escala de 1:100.000, com a delimitação das APP's foram gerados com auxilio de SIG, imagens de satélite em composição colorida e arquivos vetoriais. As conclusões foram significativas e chamaram atenção para as seguintes situações: as APP's ocupam 46,8% da área do município, limitando o uso e ocupação do solo, já a APP de dunas que abrange uma área 25% da superfície municipal.

Palavras-chave: áreas de preservação permanente; geoprocessamento; zoneamento ambiental.

Abstract - The mapping of the Permanent Preservation Areas (PPAs) of the municipal district of Grossos, RN, located in a region with avowed tourist potential, because of their dunes, salt marsh and archeological ranch. Interesting for planned real estate activity. The objective of this work was the necessity to produce cartographic documents, orientated by the actual legislation, that serve as base for to decide as occupy the surface of municipal district. The maps, at the 1:100,000 scale, with delimitation of the PPAs were produced aided by SIG, satellite image colored and vectorial file. The conclusions were good, principally the next: the PPAs occupy 46,8% of the surface of the municipal district, limiting the use and soil occupation, already the PPA of dunes occupy an area 25% of the municipal surface.

Key words: permanent preservations áreas; geoprocessing; environmental zoning.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico trouxe consigo muitos problemas que afetam diretamente o bem estar das populações. Na tentativa de combater os aspectos negativos do mesmo, as autoridades desenvolveram vários dispositivos legais.

Dentre eles a Política Nacional de Meio Ambiente, prevista na lei Nº 6.938, tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando a assegurar, no País, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade humana. De acordo com o artigo 9º, parágrafo II, o zoneamento ambiental é previsto como um de seus instrumentos.

Visto a importância foi decretada a lei Nº 4.297, que estabelece critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil, onde o mesmo, tem por objetivo geral organizar, de forma vinculada, as decisões dos agentes públicos e privados quanto a planos, programas, projetos e atividades que, direta ou indiretamente, utilizem recursos naturais, assegurando a plena manutenção do capital e dos serviços ambientais dos ecossistemas.

Segundo (EGLER et al., 2003) o zoneamento ambiental é um instrumento político e técnico de planejamento, cuja finalidade última é otimizar o uso do espaço e as políticas públicas. Ainda de acordo com o mesmo, essa otimização é alcançada pelas vantagens que ele oferece, por:

- Ser um instrumento técnico de informação sobre o território, necessária para planejar a sua ocupação racional e o uso sustentável dos recursos naturais;
- Prover uma informação integrada em uma base geográfica;
- Classifica o território segundo suas potencialidades e vulnerabilidades;
- Ser um instrumento político de regulação do uso do território;
- Permitir acelerar o tempo de execução e ampliar a escala de abrangência das ações;
- Produzir informações para o processo de tomada de decisões para ordenamento do

território que auxiliam a compreensão do cenário atual e, conseqüentemente, favorecem a negociação entre as várias esferas de governo e entre estas, o setor privado e a sociedade civil, sendo assim um instrumento para a construção de parcerias;

- Ser um instrumento do planejamento e da gestão para o desenvolvimento regional sustentável.

Considerando esses aspectos, o zoneamento caracteriza-se, assim, como instrumento ativo para o desenvolvimento sustentável, e não apenas instrumento corretivo e restritivo, como freqüentemente se pensa. Embora pautado na identificação de zonas "homogêneas", na verdade busca tirar partido da diversidade territorial, promovendo a compatibilidade sistêmica entre as zonas (EGLER et al., 2003).

O uso do solo deve seguir variados critérios, dentre eles o ambiental, de maneira a especificar locais para as diversas atividades (industrial, expansão urbana, atividades rurais, etc.). Essa classificação territorial é feita cruzando os dados referentes as atividades com os respectivos fatores ambientais, considerando também a opinião pública.

(BRASIL, 1987), citado por (CAMPOS et al., 2004) afirma que a deterioração dos recursos naturais, principalmente solo e água, vem crescendo intensamente, atingindo níveis críticos, observada pelo assoreamento e poluição dos cursos e espelhos d'água. Em função disse, tem-se observado grande prejuízo a saúde dos seres vivos, destruição de estradas, de pontes e bueiros, riscos na geração de energia, escassez de água para irrigação e abastecimento, redução da produtividade agrícola, diminuição da renda liquida e, conseqüentemente, empobrecimento do meio rural com reflexos danosos para a economia nacional.

O esforço na determinação de diferentes aptidões para cada trecho do espaço territorial, ou seja, o zoneamento, não importando a finalidade e os critérios, ganhou agilidade com o advento das técnicas de geoprocessamento e softwares/hardwares capazes de manipular uma infinidade de dados, retornando informações otimizadas.

O termo geoprocessamento surgiu com a introdução dos conceitos de manipulação de dados espaciais georreferenciados dentro de sistemas computadorizados, através das ferramentas denominadas, Sistemas de Informações Geográficas – SIG's, (ORTIZ, 1993).

Segundo o relatório do (ZONEAMENTO AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE BROTAS-SP, 2007), realizado pela empresa Fator Ambiental Consultoria e Treinamento LTDA, a componente geoprocessamento inclui a estruturação da base de dados espaciais e sua posterior sobreposição para a geração de mapas intermediários e dos mapas finais. Envolve a identificação e aquisição das informações disponíveis, sua conversão para o meio digital, realização de trabalhos de campo para aferição e reconhecimento dos atributos ambientais do território do município, compatibilização e integração dos dados provenientes de diferentes fontes (instituições de pesquisa, empresas, prefeitura), dentre outras atividades.

Um SIG é constituído por um conjunto de "ferramentas" especializadas em adquirir, armazenar, recuperar, transformar e emitir informações espaciais. Esses dados geográficos descrevem objetos do mundo real em termos de posicionamento, com relação a um sistema de coordenadas, seus atributos não aparentes (como a cor, pH, custo, incidência de pragas, etc.) e das relações topológicas existentes.

Portanto, um SIG pode ser utilizado em estudos relativos ao meio ambiente e recursos naturais, na pesquisa da previsão de determinados fenômenos ou no apoio a decisões de planejamento, considerando a concepção de que os dados armazenados representam um modelo do mundo real, (BURROUGH, 1986).

Um SIG pode, ainda, ser definido como um sistema provido de quatro grupos de aptidões para manusear dados georreferenciados: entrada, gerenciamento, manipulação e analise, e saída. Os dados são georreferenciados quando estes possuem basicamente duas características: dimensão física e localização espacial, (ARONOFF, 1989).

O município de Grossos, situado no litoral setentrional do estado do Rio Grande do Norte, distanciado de 332 km da capital Natal, tem grande potencial turístico, influenciado pelas praias, dunas, salinas artesanais e mecanizadas, sítios arqueológicos e o 2º maior cajueiro do mundo. Tem como uma de suas principais atividades econômicas a exploração do sal marinho, que ocupa vastas áreas, visto a necessidade de represar água salina para a obtenção do produto final. Esse município foi escolhido por apresentar Áreas de Preservação Permanente (APP's) suscetíveis a exploração pelas mais variadas atividades e por inexistir uma proposta de zoneamento no município.

As APP's foram criadas para proteger o ambiente natural, o que significa que não são áreas apropriadas para alteração de uso da terra, assim, essas áreas devem estar cobertas com a vegetação original. A cobertura vegetal nessas áreas irá atenuar os efeitos erosivos e a lixiviação dos solos, contribuindo também para regularização do fluxo hídrico, redução do assoreamento dos cursos d'água e reservatórios, e trazer também benefícios para a fauna (COSTA et al., 1996) citado por (CATELANI e BATISTA, 2007).

Então, o presente trabalho tem como objetivo gerar mapas usando geotecnologias e contendo a delimitação das APP's previstas em lei, com base na lei federal Nº 7.803, de 15 de agosto de 1989 (altera a redação do Código Florestal), e resoluções CONAMA Nº 004, de 18 de setembro de 1985 (prevê Reservas Ecológicas) e Nº 303, de 20 de março de 2002 (dispões sobre parâmetros, definições e limites de APP's).

METODOLOGIA

2.1. Área de Estudo

Grossos é um município cuja localização é 4º 58' 47" Sul e 37º 09' 17" Oeste, segundo o IBGE (2007) conta com uma população de 9.441 habitantes, distribuídos em uma área de 126,45km^2 (IDEMA, 2003). Limitado a norte pelo Oceano Atlântico e o município de Tibau, a sul pelo município de Mossoró, a leste pelo município de Areia Branca e a oeste pelos municípios de Mossoró e Tibau. Segundo o IDEMA (2003), historicamente a denominação Grossos originou-se de uma ilha coberta de um capim muito grossos, conhecida por Ilha dos Capins Grossos.

Possui clima caracterizado como muito quente e semi-árido, com período chuvoso que vai de fevereiro a maio. Precipitação pluviométrica anual observada de 571,0mm, temperatura média anual de 27,3 ºC com amplitude de 21,0 ºC a 36,0 ºC e umidade relativa média anual de 69% (IDEMA, 2003).

Relevo caracterizado como Tabuleiros Costeiros, planos de baixa altitude (menos de 100 metros), também denominados planaltos rebaixados, formados basicamente por argilas. O solo predominante é o Latossolo Vermelho Amarelo Eutrófico, com fertilidade média a alta, textura média e fortemente drenado (IDEMA, 2003).

Uma de suas principais atividades econômicas é a extração de sal marinho, atingido safras de 291.020 toneladas em 2002 (IDEMA, 2003), produção de pescado com marca de 157,0 toneladas (IBAMA, 2003), produtos agrícolas e de origem animal são pouco expressivos.

Centro urbano em relação ao município, e o município em relação ao estado a qual se insere, mostrado na Figura 1.

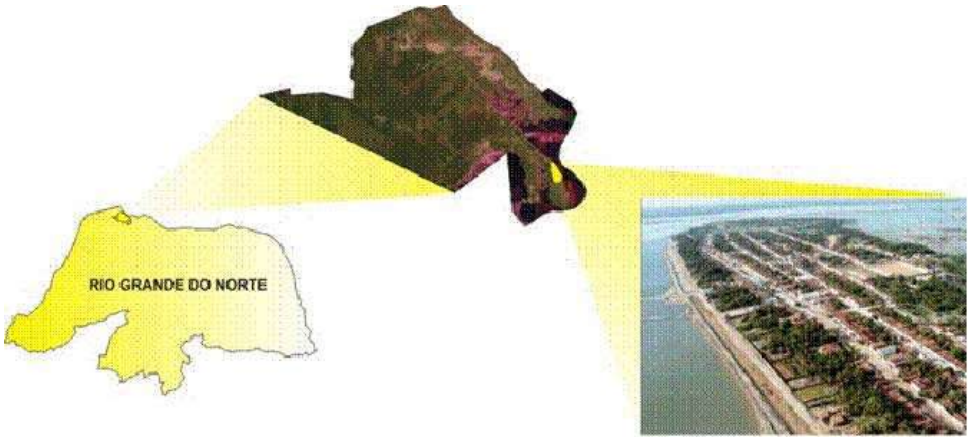


Figura 1. Localização da área de estudo em relação ao Estado do Rio Grande do Norte e seu respectivo centro urbano

2.2. Mapeamento de áreas de preservação permanente

Para o zoneamento das APP's do município de Grossos foram utilizados:

- SIG (ferramenta responsável pelo processamento dos dados) e seus recursos que serão citados no decorrer do trabalho;
- Imagem TM LANDSAT 7 composição colorida 345, resolução 30x30m, disponibilizada pelo Laboratório de Geoprocessamento da UERN (Universidade Estadual do Rio Grande do Norte);
- Arquivos vetoriais da área do município, drenagem, geologia, solos, curvas de nível, disponibilizados pela SEMARH (Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do RN), EMBRAPA e CPRM;
- Todos os arquivos vetoriais e matriciais foram georreferenciados na projeção UTM, DATUM SAD 69, fuso 24;
- Lei Federal Nº 4.771, de 1965;
- Lei Federal Nº 7.803, de 1989;
- Lei Estadual Nº 6.679, de 1995 (dispõe sobre a Política Florestal do Estado do Rio Grande do Norte);
- Resolução CONAMA 302/2002 (dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno).
- Resolução CONAMA Nº 303/2002 (dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente).

2.2.1. Tratamento dos arquivos georreferenciados

Antes de começar a aplicar os métodos disponíveis no SIG (Sistemas de Informações Geográficas) para efetuar o mapeamento das áreas protegidas, fez-se necessário trabalhar os arquivos vetoriais com as informações da rede de drenagem, curvas de nível, geologia e etc.

Para iniciar o trabalho foi necessário obter os limites do município em estudo, o mesmo foi feito após a edição do arquivo vetorial contendo todos os municípios do estado do Rio Grande do Norte.

Com os limites estabelecidos, foram conservadas apenas as informações de cada arquivo vetorial, pertinentes ao município.

2.2.2. App's de margens de rios

O mapeamento das APP's de margens de rios foi obtido por meio de arquivos vetoriais da rede de drenagem do município. Foi separada a drenagem intermitente da permanente, pelo fato da permanente geralmente ter largura superior a da intermitente. Feito "Buffer" em ambos os lados da drenagem com as distâncias de 30m e 50m, para a drenagem intermitente e permanente respectivamente, de acordo com a legislação:

> CONAMA 303/2002
> Art. 3º Constitui Área de Preservação Perr
> área situada:
> I – em faixa marginal, medida a partir do r
> alto, em projeção horizontal, com largura mínima,
> a) trinta metros, para o curso d'á
> menos de dez metros de largura;
> b) cinqüenta metros, para o curs
> com dez a cinqüenta metros de largura;

2.2.3. App's de vereda

De acordo com a Resolução CONAMA 303/2002, veredas são espaços brejosos ou encharcados. Consideramos espaços brejosos, áreas de várzea onde a altitude é inferior ao dos corpos d'água adjacentes.

As salinas existentes no município de Grossos num primeiro momento apenas artesanais, após mecanizadas, são todas construídas em áreas de várzea, locais onde muitas vezes a água chega apenas por desnível e com pouco esforço é represada, em alguns casos temos salinas em áreas de manguezais.

O mapeamento foi conseguido a partir da construção de arquivo vetorial orientado pela imagem de satélite.

Feito "Buffer" em ambos os lados do arquivo vetorial que delineia as áreas de contato com corpos d'água e de baixa cota (no caso, salinas), com distância de 50m, de acordo com a legislação:

> CONAMA 303/2002
> Art. 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área situada:
> IV - em vereda e em faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de cinqüenta metros, a partir do limite do espaço brejoso e encharcado;

Como citado anteriormente as salinas em sua totalidade foram erguidas sobre os espaços brejosos. Como a atividade salineira é de suma importância para o município e visto a impossibilidade de voltar atrás com todos os erros cometidos, sugerimos que os produtores de sal, façam replantio de espécies nos manguezais, na tentativa de recompor as faixas marginais ou mesmo na caatinga, localizada nas áreas de maior altitude do município.

2.2.4. App's de topo de morros e montanhas

De acordo com a Resolução CONAMA 303/2002, morro é uma elevação do terreno com cota do topo em relação a base entre cinqüenta e trezentos metros e encostas com declividade superior a trinta por cento.

Com as curvas de nível do município de Grossos, usando a função TIN para modelar as declividades, foi visto que o mesmo é desprovido de morros, pois sua maior altitude é 32,15m. Transformando a modelagem em Grid e fazendo uso do recurso Map Calculator, não foram encontradas declividades superiores a trinta por cento, portanto o município não conta com APP's de encostas.

Analisando o Modelo Digital do Terreno para as declividades é perceptível que há uma tendência de haver deposição do material proveniente da zona oeste nas zonas norte e leste do município, onde está localizado o curso do rio Apodi-Mossoró.

2.2.5 App's de manguezal

O mapeamento das áreas de manguezais foi obtido a partir da criação de um arquivo vetorial, com orientado pela composição e de acordo com a legislação:

> CONAMA 303/2002
> Art. 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área situada:
> X - em manguezal, em toda a sua extensão;

2.2.6. App's de dunas

O mapeamento das APP's de dunas foi obtido por meio de arquivos vetoriais da geologia local e de acordo com a legislação:

> CONAMA 303/2002
> Art. 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área situada:
> XI - em duna;

2.2.7. Reserva legal

É importante considerar as áreas destinadas a reserva legal que correspondem a 20% da área das propriedades rurais do município, conforme a lei:

> Lei Estadual Nº 6.679
> Art. 11. Considera-se reserva legal, a área de no mínimo 20% (vinte por cento) de cada propriedade ou posse rural, de domínio público ou privado, onde o proprietário rural fica

obrigado a preservar ou recuperar a floresta nativa, através do florestamento e/ou reflorestamento, sendo passível ao regime de manejo sustentado.

Para estabelecer as áreas propicias ao cultivo, foi gerado arquivo vetorial com base no Grid do Modelo Digital de Elevação, onde foram mapeadas as áreas fora das APP's e com declividades menores ou iguais a 10%, o calculo das declividades foi conseguido com o auxilio da calculadora de mapas. Foi utilizado também o mapa

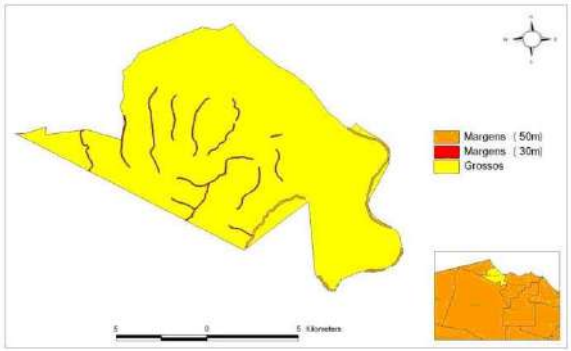


Figura 2. APP's de margens de rios do município de Grossos, RN

A rede de drenagem do município é relativamente restrita, destacamos a permanente representada pelo curso do Rio Apodi-Mossoró, essas áreas apesar de pequenas merecem atenção das autoridades, pois são importantes para a economia do município e região.

O Rio recebe influência do Oceano Atlântico e abastece as salinas da região bem como serve de via para o escoamento da produção das salinas localizadas as margens. As mesmas sofrem com os impactos da atividade salineira, a vegetação não tem mais o vigor que

A área mapeada nessa classe é significativa, cerca de 21% da área do município. É fato o processo de expansão da atividade nessas áreas.

Cruzando as informações da figura 4 com a figura 2, percebe-se que os manguezais são responsáveis pela manutenção das encostas do Rio Apodi-Mossoró. Sabe-se que os mesmos funcionam como um berçário para a procriação de espécies e são constantemente agredidos pelo desmatamento, isso aliado a salinidade do Rio tem

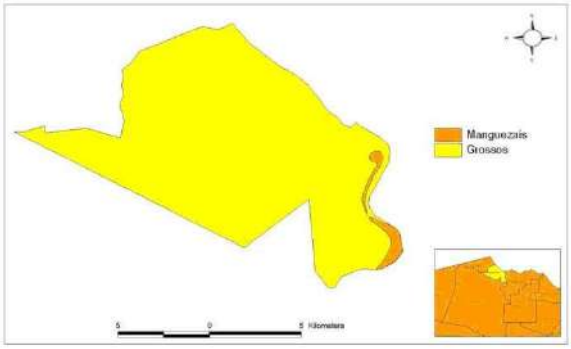


Figura 4. APP's de manguezais do município de Grossos,

disponibilizado pelo município, onde os técnicos responsáveis descrevem áreas utilizadas para agricultura.

RESULTADOS E DISCURSÃO

Com base na metodologia relatada foram gerados os mapas das Áreas de Preservação Permanente do Município de Grossos, representadas nas figuras apresentadas no decorrer do trabalho.

A Figura 2 trata das APP's de margens de rios do município de Grossos.

tinha há décadas atrás e a atividade pesqueira diminuiu consideravelmente, pois a alta salinidade afugenta as espécies de valor no mercado.

Como dito no trabalho as salinas foram erguidas nas áreas consideradas brejosas ou veredas, então há sobreposição da atividade nessa área ficando em desacordo com a legislação. As APP's de veredas estão dispostas no município conforme a Figura 3.

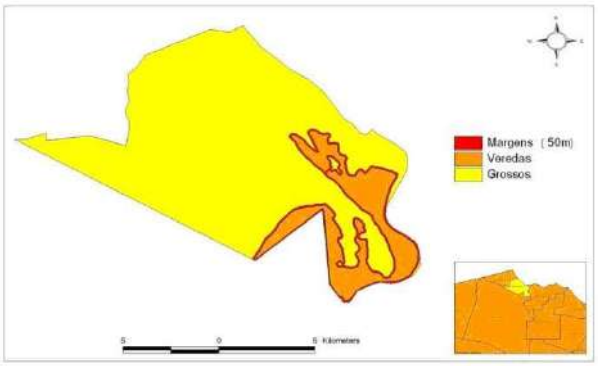


Figura 3. APP's de veredas do município de Grossos, RN

contribuído para a extinção da atividade pesqueira nesse setor.

A redução da área de manguezais acarreta impacto significativo social, econômico e ambiental nas comunidades da foz do Rio Apodi-Mossoró, pois sobrevivem da atividade extrativista e pesqueira.

A Figura 4 representa as áreas de mangues do município de Grossos.

RN

As dunas ocupam uma porção significante, as mesmas representam cerca de 25% da superfície do município. Elas representam a maior APP do município e estão representadas na Figura 5.

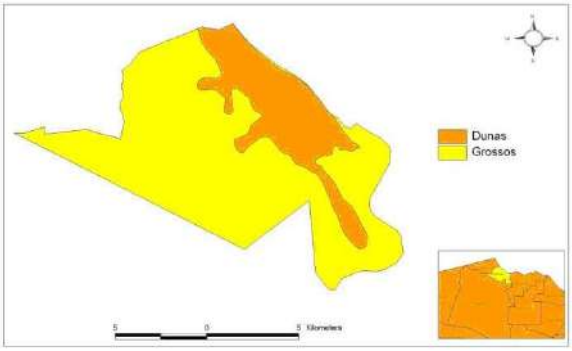


Figura 5. APP's de dunas do município de Grossos, RN

A beleza natural das dunas e o fato de confrontarem com as praias, são atrativos para o turismo no município. É uma realidade a expansão da construção civil nos municípios vizinhos, Mossoró e Tibau, com vários empreendimentos sendo executados. Há uma tendência de dentro de alguns anos, as áreas destacadas acima serem alvo dos empreendedores. Dunas do município de Grossos abaixo apresentadas na Figura 6.

Figura 6. Dunas do município de Grossos, RN

Fato que chama atenção no município de Grossos é o processo de soterramento que acontece pela deposição do material proveniente das dunas, no entorno das residenciais da comunidade de Pernambuquinho. O mesmo acontece, pois a vegetação que existia na região não foi preservada e atualmente a densidade da mesma não é suficiente para impedir o fenômeno.

A retirada das construções que foram executadas de maneira inadequada e o replantio de espécies fixadoras seriam medidas úteis para minimizar o problema anteriormente citado.

Com auxilio da Figura 7, percebe-se o comportamento do relevo do município, onde se tem altitudes próximas ao nível do mar em toda a região das praias e no pólo salineiro, aumentando gradativamente quando afastadas do litoral, tendo picos de 32m em pequenas áreas. As curvas de nível para modelagem foram tratadas espaçados de 20m partindo de curvas espaçadas a 50 m, o que caracteriza a grande importância da modelagem nesse tipo de mapeamento.

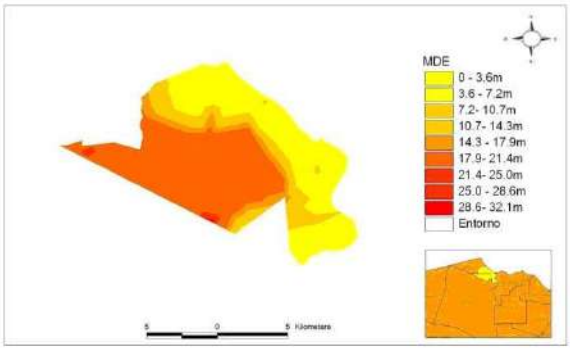


Figura 7. Modelo Digital de Elevação do município de Grossos, RN

Percebe-se que a área de dunas está na porção de menor altitude do município, essa característica confina as mesmas pois impede que elas avancem nas áreas de potencial agrícola.

A área mapeada, representada na Figura 8, é uma projeção das áreas com potencial agrícola. Considerando que se toda essa área for ocupada com atividades dessa natureza, ter-se-ia uma reserva legal de 1.568,1ha, pois ao todo compreende uma área de 7840,7ha.

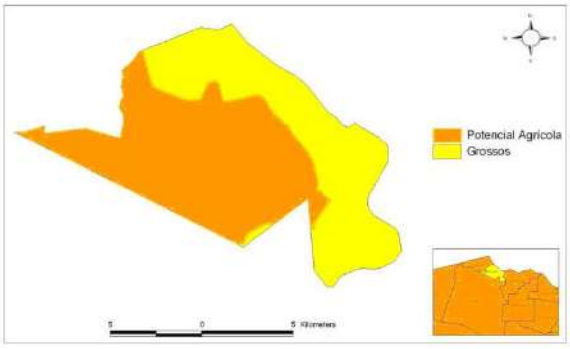


Figura 8. Área propícia a atividades agrícolas

3.1. Síntese das app's do município de Grossos

Unindo todas as áreas em um mesmo plano, percebe-se que existem determinadas áreas cobertas por duas APP's distintas, o que resulta numa importância maior a mesma.

Verifica-se com auxilio da Figura 9, que representa em um mesmo plano todas as APP's anteriormente destacadas que em alguns locais as APP's de manguezais estão se sobrepondo as APP's de veredas, que por sua vez se sobrepõe as APP's de dunas, as áreas correspondentes a tais intersecções estão descritas na Tabela 1, que mostra as áreas de cada APP bem como sua porcentagem em relação a área do município.

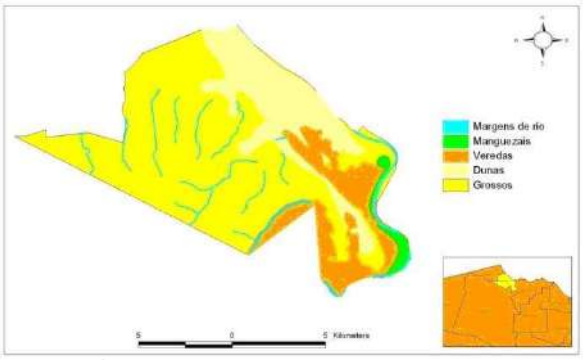


Figura 9. Áreas de Preservação Permanente do Município de Grossos, RN

Tabela 1. Área das classes de Áreas de Preservação Permanente do Município de Grossos

Área das APP's			
Classes de APP's	Área (ha)	% das APP's	% das APP's no Município
Intersecção Dunas x Veredas	382,9	6,5	3,0
Intersecção Mangues x Veredas	187,6	3,2	1,5
Margens (30m)	221,1	3,7	1,7
Margens (50m)	165,1	2,8	1,3
Veredas	2.093,4	35,4	16,6
Mangues	65,4	1,1	0,5
Dunas	2.803,2	47,4	22,2
TOTAL de APP's	5.918,7	100,0	46,8

CONCLUSÕES

O município de Grossos apresenta uma área total de 6.489,2ha de Áreas de Preservação Permanente, o que representa 46,8% da superfície do município. As dunas ocupam uma porção significante, representando cerca de 25% da superfície do município, sendo a maior área de APP estudada.

O município não apresenta APP's referentes a encostas e topos de morros devido a existência de relevo extremamente plano e característico de áreas litorâneas.

As ferramentas disponíveis no SIG utilizado foram essenciais para a delimitação das APP's, em especial as de margens de rio, onde a criação de um arquivo vetorial orientado pela composição colorida de imagens, resultaria em uma perda significativa de precisão.

O uso do Geoprocessamento mostrou-se viável para estudos dessa natureza na região, pois se obtém resultados rápidos, precisos e pouco dispendiosos, extremamente significativos se considerado a carga de informação gerada.

REFERÊNCIAS

BASEGGIO, Jacqueline; CARAMORI, Thais Barbosa de Azambuja; SORIANI, Rachel Rabello. SIG para Mapeamento do Uso do Solo, com Enfase nas Áreas de Cobertura Vegetal Nativa e Recursos Hídricos, alto Coxim, MS. Anais 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande, Brasil, 11-15 novembro 2006, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 312-320. Disponível em: <http://www>. Acesso em 20 nov. 2007.

BORGES, Karla A. Vasconcelos; FONSECA, Frederico Torres. Sistemas de Informações Geográficas X Representação Cartográfica Uma Visão do Futuro. Disponível em: <http://>. Acesso em: 20 nov. 2007.

CÂMARA, Gilberto; ORTIZ, Manoel Jimenez. Sistemas de Informação Geográfica para Aplicações Ambientais e Cadastrais: Uma Visão Geral. Disponível em: <http://www>. Acesso em: 05 dez. 2007.

CAMPOS, Sérgio; JÚNIOR, Armindo A. Araújo; BARROS, Zacarias X.; CARDOSO, Lincoln G.; Piroli, Edson L. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Uso da Terra em Microbacias Hidrográficas, Botucatu-SP. Revista Engenharia Agrícola de Jaboticabal,

v. 24, n. 2, p. 431-435, mai/ago 2007. Disponível em: <http://www>. Acesso em: 30 nov. 2007.

CATELANI, Celso de Souza; BATISTA, Getulio Teixeira. Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente (APP) do município de Santo Antônio do Pinhal, SP: um subsidio à preservação ambiental. Revista Ambiente e Água, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 30-43, 2007. Disponível em: <http://www>. Acesso em: 03 dez. 2007.

EGLER, Claudio A. G.; CRUZ, Carla B. M.; MADSEN, Paulo F. H.; COSTA, Samir de M.; SILVA, Evânia Alves. Proposta de Zoneamento Ambiental da Baía de Guanabara. Anuário do Instituto de Geociências-UFRJ, vol. 26, p. 127-138, 2003. Disponível em: <http://www>. Acesso em 20 nov. 2007.

Fator Ambiental Consultoria e Treinamento LTDA. Zoneamento Ambiental do Município de Brotas (SP) subsídios ao planejamento territorial. Relatório final, fev. 2007. Disponível em: <http://www>. Acesso em 20 nov. 2007.

FRANÇA, Marina Lamouier; ARAÚJO, Arnaldo de Albuquerque; SOUZA, Antônio L. Cruz. Sistemas de Informações Geográficas – Uma Ferramenta para Diagnostico do Estado de Conservação de Bens Culturais. Disponível em: <http://www>. Acesso em 25 nov. 2007.

HOTT, Marcos Cicarini; GUIMARÃES, Marcelo; MIRANDA, Evaristo Eduardo. Um Método para a Determinação Automática de Áreas de Preservação Permanente em Topos de Morros para o Estado de São Paulo. Disponível em: <http://www>. Acesso em 20 nov. 2007.

MONTAÑO, Marcelo; OLIVEIRA, Isabel S. D.; RANIERI, Victor E. L.; FONTES, Aurélio T.; SOUZA, Marcelo P. O Zoneamento Ambiental e a Sua Importância para a Localização de Atividades. Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção, n. 6, p. 49-64, jun. 2007. Disponível em: <http://www>. Acesso em 20 nov. 2007.

REVISTA VERDE DE AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
GRUPO VERDE DE AGRICULTURA ALTERNATIVA (GVAA)

DETERMINAÇÃO DE ÁREAS AMBIENTALMENTE DEGRADADAS NA MESO REGIÃO OESTE POTIGUAR

Gabriella Cynara Minora da Silva
Aluna de Graduação do Curso de Gestão Ambiental, Núcleo Avançado de Areia Branca - NAESAB /UERN e Bolsista de Iniciação Científica do Cnpq. E-mail: gabriella_cynara@yahoo.com.br

Paulo César Moura da Silva
Prof. D. Sc. do Departamento de Ciências Ambientais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) Mossoró – RN .
E-mail: paulo.moura@ufersa.edu.br

Wendson Medeiros Dantas de Araújo.
[3]Ms.c em Geografia Prof. Assistente de Avaliaçõa de Impactos Ambientais da UERN.
E-mail: wendosnmedeiros@uern.br

RESUMO - O atual modelo de desenvolvimento baseado na produção e consumo desenfreados preconizado pelo capitalismo tem agredido fortemente o meio ambiente, retirando dele recursos naturais de forma impensada, sem se preocupar com as limitações que o mesmo impunha. Dessa forma, o que percebemos hoje são áreas completamente modificadas pela ação antrópica e ambientalmente degradadas. A Meso Região Oeste Potiguar caracteriza-se pelas ótimas condições climáticas para o desenvolvimento da atividade salineira, além de possuir um grande campo de exploração petrolífera, atividades estas altamente impactantes para o meio ambiente.

Palavras-Chaves: Áreas de Proteção Permanente; Sistema de Informação Geográfica e Zoneamento Ambiental.

DETERMINATION OF ÁREAS AMBIENTALMENTE DEGRADED IN THE MESO REGIÃO OESTE POTIGUAR

ABSTRACT - The current development model based on the production and consumption unbridled extolled by the capitalism has been attackink the environment strongly, removing of him natural resources in a thoughtless way, without worrying with the limitations that it imposed. In that way, what noticed today they are areas completely modified by the action antropic and degraded ambiently. The Meso Region Potiguar West is characterized by the good climatic conditions for the development of the activity producer of salt, besides possesseing a wide field of exploraction of the activity producer of salt, besides possessing a wide field of exploration of petroleo, activities these highly crashing for the environment.

Key-Words: Areas of Permanent Protection; System of Geographical Information and Environmental Zoning.

INTRODUÇÃO

A busca pelo meio ambiente equilibrado deve ser interesse de toda a sociedade, visto que, a boa qualidade do ar, da água e do solo é fundamental para a existência do homem.

Fogliatti, Filippo e Goudard (2004), consideram o meio ambiente como sendo o conjunto de elementos formados pelas águas interiores ou costeiras, superficiais ou subterrâneas, subsolo, ar, flora, fauna e comunidades humanas e seus inter-relacionamentos.

A Constituição brasileira de 1998, em seu artigo 225 declara que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

As atividades antrópicas têm causado poluição e desmatamento em áreas de estuário, prejudicando os ecossistemas desse ambiente e levando à escassez inúmeras espécies da fauna e flora, visto que, nesses locais encontram-se remanescentes de manguezais e caatinga nativa.

Os manguezais, segundo ABNT (1988), são sistemas litorâneos de transição entre os ambientes terrestres e aquáticos, característicos de áreas tropicais e subtropicais (ocupando geralmente áreas no interior de baías e estuários), estando submetidos ao regime de maré. São constituídos de espécies vegetais típicas, adaptadas à flutuação de salinidade e a um tipo de sedimento predominantemente lodoso, com baixos teores de oxigênio.

Devido a sua vulnerabilidade ambiental, esses ecossistemas vêm despertando interesse e preocupação. A

partir daí percebeu-se a necessidade de destacar áreas não destinadas para a alteração de uso da terra, devendo sempre estar coberta com a vegetação original. O Código Florestal em seu art. 2º, Lei nº 7.803, de 1993, define Área de Proteção Permanente como sendo os locais onde devem ser mantidas todas as florestas e demais formas de vegetação natural. A cobertura original da vegetação evita inúmeros transtornos ambientais, como é o caso da erosão e o assoreamento de leitos de rios que acabam afetando negativamente algumas espécies animais.

Para minimizar a deterioração ambiental é necessário um planejamento adequado do uso do solo, que seria a busca por uma ocupação ordenada e sustentável do meio físico de modo que o mesmo não sofra alterações negativas ou pelo menos que sejam minimizadas. Este planejamento precisa comportar as necessidades humanas, da fauna e da flora para que todos possam viver em harmonia.

Com a finalidade de zonear o espaço ocupado, (MATA, 1981) considera que o zoneamento ambiental procura ordenar o território de acordo com suas características bióticas e abióticas, com diferentes níveis de usos e atividades. Sua utilização é necessária para evidenciar os problemas ambientais e sem dúvida, é uma ferramenta importante no planejamento ambiental.

Segundo (ROCHA, 1997), os recursos naturais são componentes próprios ou vinculados aos parâmetros: ar, água, solo/rocha, vegetação e fauna silvestre, que o homem utiliza para sobreviver. A ação antrópica tem utilizado os recursos de maneira insustentável, podendo chegar ao extremo de extingui-los. O autor coloca ainda que qualquer recurso natural renovável, se deteriorado a mais de 10% da sua unidade básica, não se recompõe naturalmente. Fica nítida a importância da conscientização do homem com relação à questão ambiental, visto que se não mudar seu comportamento estará contribuindo para sua própria extinção.

Conforme (MELLO FILHO, 1999), a deterioração da terra como sendo o resultado de ações antrópicas, pode ser definida como toda e qualquer mudança permanente ou irreversível na estrutura e funções dos recursos naturais da terra ou sua perda. Mudanças que são causadas por alterações de natureza física, química e biológica ou tensões antrópicas induzidas por seres humanos que excedem a capacidade de uso destes recursos naturais.

A deterioração da terra causada por atividades antrópicas que o autor cita é o resultado do padrão de desenvolvimento estabelecido pelo atual modelo econômico, o capitalismo. Como sabemos o único objetivo deste é o lucro imediato, entretanto se pensarmos bem, o modo predatório como o capitalismo caminha acarretará na exaustão dos recursos naturais, e conseqüentemente na sua própria derrocada como modelo de desenvolvimento econômico.

Para (MILANO, 1993), o zoneamento ambiental proporciona as seguintes vantagens: a) permite que se determine limite de possíveis irreversibilidades, devido a conflitos ambientais e pontos de fragilidade biológica, antes que se tomem decisões sobre o uso de cada área, que de outra forma poderiam causar danos irreversíveis; tendo portanto, caráter preventivo; b) permite a identificação de atividades antrópicas para cada setor da unidade ambiental e seu respectivo manejo, possibilitando a descentralização de comando e decisão; c) pelo fato da metodologia do zoneamento ambiental ser flexível, permite que se adapte a definição e manejo de uma zona, conforme necessidade.

Em virtude das modificações e degradações decorrentes das ações antrópicas e seus efeitos, não se pode pensar no desenvolvimento sem condicioná-lo a um adequado planejamento ambiental, de modo que se possam minimizar os impactos ambientais negativos, estabelecendo o manejo adequado dos recursos naturais. O zoneamento ambiental apresenta-se como uma importante ferramenta no auxílio ao planejamento, pois ajuda a identificar as deficiências e as virtudes ambientais da área zoneada, indicando se a mesma pode ou não comportar determinada atividade.

Dentro deste contexto, objetiva-se com este estudo quantificar e determinar, com base na lei vigente no Brasil as áreas de proteção permanente de rios e córregos da Meso Região Oeste Potiguar no estado do Rio Grande do Norte utilizando técnicas de geoprocessamento.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

Área de estudo está localizada no Oeste Potiguar, trata-se da Meso Região Oeste Potiguar e conta com 6 (seis) municípios que são: Areia Branca, Baraúna, Grossos, Mossoró, Serra do Mel e Tibau. Ocupa uma área total de 427.178 ha. De acordo com o IBGE 2007, a população total é de 304.322 mil habitantes, o município mais populoso é Mossoró, seguido de Areia Branca, Baraúna, Grossos, Serra do Mel e por fim Tibau, de acordo com a tabela abaixo.

Tabela 1 – Municípios da área de estudo com suas respectivas populações e áreas.

Municípios	Áreas (ha)	População Total (Hab.)
Areia Branca	37.258	24.398
Baraúna	88.913	23.098
Grossos	13.821	9.451
Mossoró	209.979	234.392
Serra do Mel	60.188	9.216
Tibau	17.018,62	3.767

A Meso Região Oeste Potiguar é uma das quatro mais importantes do Estado do Rio Grande do Norte, sendo formada por 62 municípios agrupados em sete microrregiões. A região de estudos é uma das mais importantes do nordeste, pois nela estão concentrados 45% da produção de sal marinho do Brasil e o maior campo terrestre de exploração petrolífera do país, causando um crescente aumento nas tensões ambientais nos municípios que a compõem.

A seguir tem-se o mapa da Meso Região Oeste Potiguar com seus respectivos municípios.

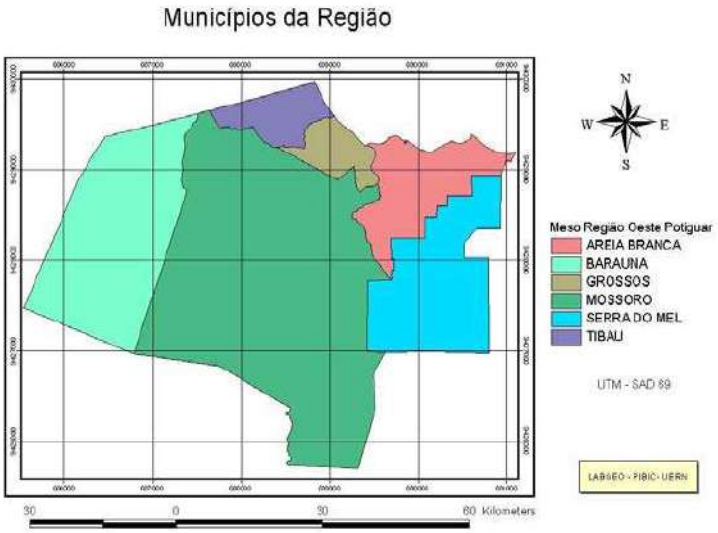


Figura 1 – Mapa dos municípios da Meso Região Oeste Potiguar

A classificação climática da região baseada em Thornthowaite, apresenta clima semi-árido com pequeno ou nenhum excesso de água. A vegetação predominante é a de caatinga hiperxerófila, na mata ciliar encontra-se a presença de carnaubais, além de manguezais nas áreas de foz. A Meso Região Oeste Potiguar encontra-se na Bacia do rio Apodi-Mossoró, sendo que a mesma ainda contém duas Bacias de Fluxo Difuso, uma na região que compreende os municípios de Tibau e Grossos, e outra na área leste do município de Areia Branca.

Toda essa malha hídrica é composta por rios perenes e intermitentes que são considerados afluentes do Rio Apodi-Mossoró que nasce na Serra de Luiz Gomes e desemboca no município de Areia Branca. Geologicamente encontram-se como grupos presentes o calcário jandaíra, arenito açu e grupo barreiras como principais unidades geológicas da região.

O relevo vai de plano a ligeiramente inclinado, porém com declividades inferiores a 5%, encontra-se ainda a presença do vale do Rio Apodi-Mossoró e a foz do mesmo como pontos de relevo mais baixos na região.

Como método aplicado utilizou-se um sistema de informações geográficas (SIG) como ferramenta de análise espacial, para demarcar a área e a localização das APP's, usou-se como base as cartas digitalizadas da SEMARH-RN (2003) baseadas nas cartas da SUDENE de 1:100.000 convertidas de córrego alegre para UTM-SAD 69, foram feitas nestas cartas correções através de deslocamento em campo usando GPS de navegação, realizou-se o sincronismo do *datum planimétrico* do receptor GPS e do SIG, para reduzir os erros de leitura dos dados. Foram gerados *bufers* (áreas) a partir das linhas dos rios perenes e intermitentes, depois foram calculadas as Áreas de Proteção Permanente em hectares, e logo em seguida foram realizados cálculos pontuais em toda área de estudo relacionando esta com a área de proteção permanente. A partir destes dados foram elaborados os mapas das APPs, da hidrografia, do solo, e das áreas inundadas temporariamente ou permanentemente e as áreas ocupadas por salinas. Utilizou-se ainda para análise, tabelas, gráficos e os mapas elaborados, bem como material fotográfico para verificação das áreas.

O SGI foi alimentado com as informações legais do Código Florestal (Lei nº 4.771, de 15/09/65, alterada pela Lei nº 7.803, de 8/08/93). A Resolução N° 303 do CONAMA, de 20 de março de 2002, regulamenta e estabelece parâmetros, definições e limites das APP's. Destacaremos a seguir as APP's objeto deste estudo:

- APP ao longo de rios ou de qualquer curso d'água.
- APP ao lado de nascentes ou olhos d'água.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapa a seguir apresenta a hidrografia da região com seus rios e córregos:

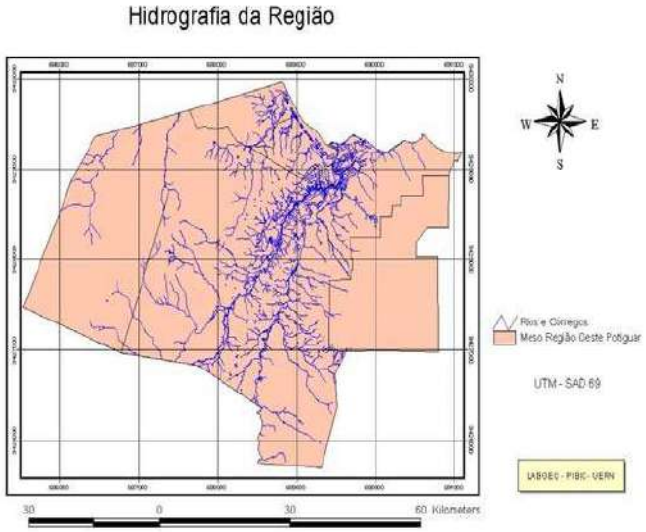


Figura 2 – Mapa dos Rios e Córregos da Meso Região Oeste Potiguar

Verifica-se que a Meso Região Oeste Potiguar situa-se na bacia do Rio Apodi-Mossoró, que é a mais extensa do Rio Grande do Norte, ocupando cerca de 14.276 km^2, o que corresponde a 26,8% da superfície do Estado (SERHID, 1998)

A figura seguinte identifica as APP's dos rios intermitentes e de trechos perenizados:

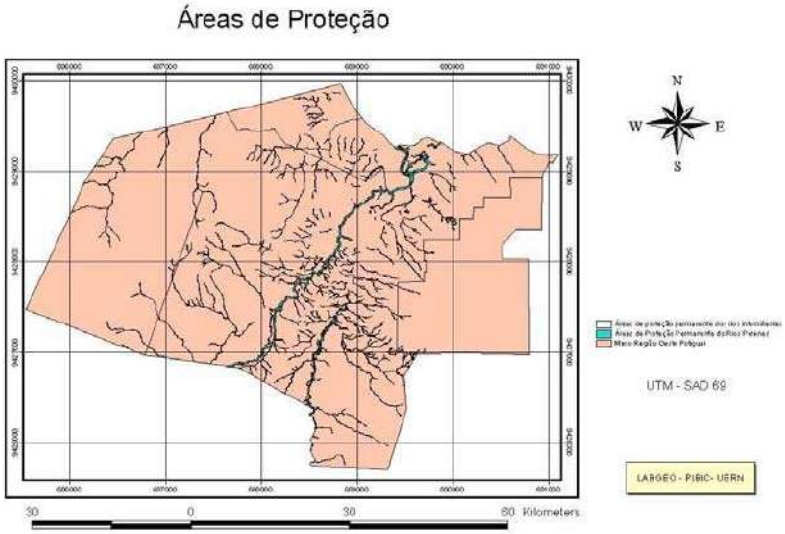


Figura 3 – Mapa das APP's da Meso Região Oeste Potiguar

A região alvo deste estudo se caracteriza por seu relevo plano, o que explica a presença de APP's somente as margens de curso d'água, visto que a área não possui superfície de topografia elevada, o que impossibilita a existência de morros e montanhas.

A próximo figura revela o detalhamento da APP's identificadas neste estudo:

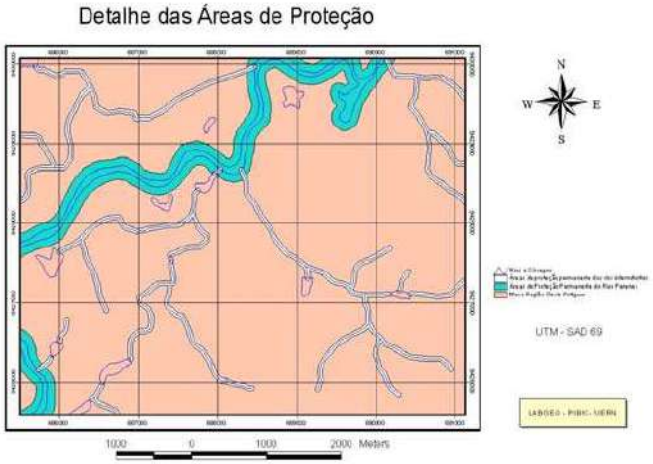


Figura 4 – Mapa do detalhe das APP's da meso Região Oeste Potiguar

Esta figura apresenta em detalhe as APP's dos rios perenes onde podemos observar o curso do Rio Apodi Mossoró; e as APP's dos rios intermitentes, estes são caracterizados pelo fato de não apresentarem água parcial ou completamente no período de seca, que costuma ser muito intensivo nesta região do semi-árido.

Os resultados obtidos através dos mapas demonstraram que as APP´s dos rios intermitentes têm uma área total de 6.841,8 ha e os trechos perenizados de 4.113,0 ha totalizando 10.954,8 ha, o que representa 2,56% da área total da região estudada.

Observando-se a figura a seguir verifica-se a percentagem relacionada às áreas de proteção permanente de rios perenes e intermitentes com relação às áreas totais.

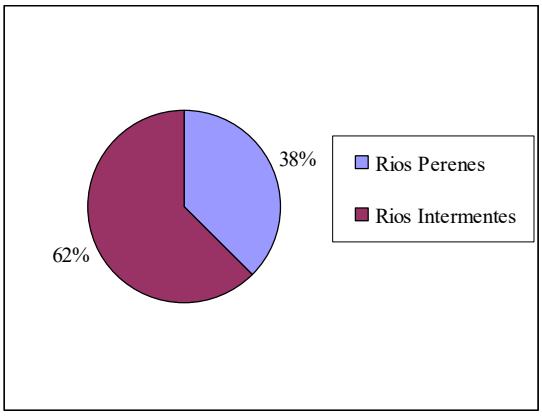


Figura 5 – Percentagem das APP's de Rios perenes e intermitentes na área de estudo.

A região alvo deste estudo é sedimentar, muito entrecortada por drenagens, por isso não possui muitos rios e córregos, o que explica a pouca quantidade de APP's. Trata-se de uma região plana com relevo levemente ondulado, não havendo condições de correr rios ou córregos

.

A seguir verifica-se a figura das áreas alagadas do local de estudo.

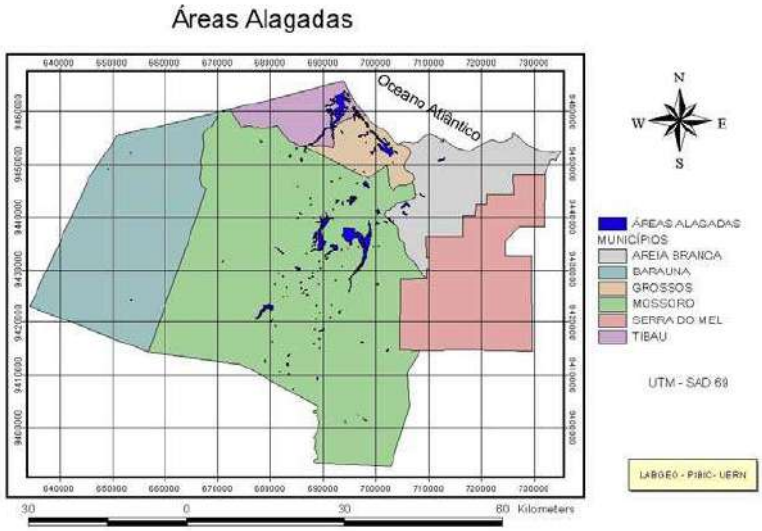


Figura 6 – Mapa das áreas alagadas da Meso Região Oeste Potiguar

Essas áreas podem ser alagadas naturalmente, em decorrência do período de chuvas ou cheias do Rio Apodi Mossoró, ou podem ser alagados em decorrência da ação antrópica, visto que a área é cercada por salinas que muitas vezes acabam despejando a água utilizada no processo de produção do sal nestes locais, provocando desequilíbrio ambiental e grave impacto a fauna e flora local.

A próxima figura revela as áreas ocupadas por salinas na área avaliada.

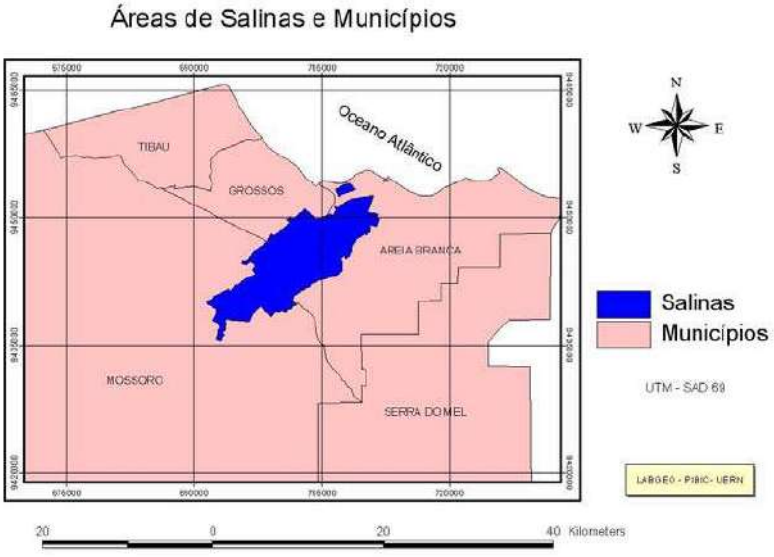


Figura 7 – Mapa das áreas ocupadas por salinas na Meso Região Oeste Potiguar

A atividade salineira no município encontra-se em sua maioria às margens do Rio Apodi-Mossoró, provocando o desmatamento da mata ciliar original e de manguezais (área de proteção permanente) que atuam como berçários para a reprodução de crustáceos e peixes. Dessa forma, estes ecossistemas desmatados ficam fragmentados e desprotegidos, causando a perda da biodiversidade, bem como provocando o assoreamento do leito do rio.

Além disso, a atividade impacta também o próprio curso d'água com a deposição das águas-mães com elevado teor salino, e provoca a inutilização do solo e a redução ou substituição da vegetação nativa por

vegetação exótica, inviabilizando práticas agrícolas sustentáveis no território dos municípios**.**

Logo a seguir é apresentada a figura que revela as áreas alagadas e ocupadas por salinas em cada município da área de estudo.

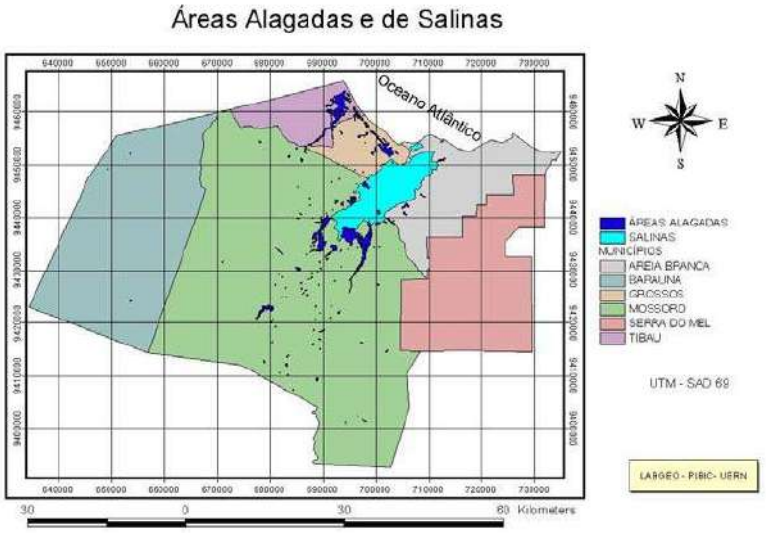


Figura 8 – Mapa das áreas alagadas e de salinas na Meso Região Oeste Potiguar

Nesta figura podemos identificar a forma como as salinas influenciam a origem de alagados de águas salobras. Esta interferência acaba por salinizar este solo, causando infertilidade e perda das condições naturais do mesmo, tornando o impacto registrado extremamente forte.

Já as áreas de solo alagado apresentaram uma superfície total de 5.475,7 ha e a ocupação por salina é de 13.077,01 ha, totalizando 18.552,71 ha, o que representa 4,34% da área total da região. Na figura seguinte verifica-se a percentagem relacionada às áreas de solo alagado e ocupada por salinas com relação às áreas totais.

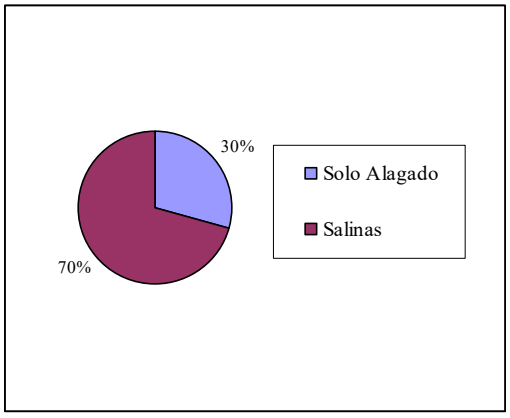


Figura 9 – Percentagem dos solos alagados e de salinas na área de estudo.

As condições climáticas da região favorecem a produção de sal marinho por evaporação, esta facilidade desencadeou a invasão da atividade salineira sem a preocupação de se fazer um planejamento de uso e ocupação do solo, e hoje identificamos os resultados negativos desse ato.

CONCLUSÕES

Nas APPs encontram-se os mangues na foz e mata ciliar no interior, que estão sendo progressivamente desmatados de forma ilegal e sem sustentabilidade.

Os desmatamentos ilegais têm causado a fragmentação dos ecossistemas florestais, deixando-os isolados e desprotegidos, causando a perda da biodiversidade, além disso a falta de controle da erosão pode provocar o assoreamento do leito do rio. Some-se a isso a pressão exercida pela exploração petrolífera, o que

aumenta o desmatamento das sub-bacias hidrográficas e os riscos de poluição, que antes da exploração inexistiam.

Como medidas, os órgãos governamentais responsáveis pela fiscalização devem atuar de forma mais incisiva, juntamente com a sociedade no sentido de detectar o mau uso das áreas de proteção permanente, aqui definidas, além da aplicação da lei federal.

São, ainda, indicadas como medidas compensatórias, a recuperação das áreas degradadas, a fim de reduzir os impactos da exploração econômica das margens dos córregos e rios da região.

Por fim verifica-se que o geoprocessamento se mostrou um importante suporte em estudos desta natureza, pois tratar-se de uma ferramenta de análise espacial de fácil interpretação e muito importante para o planejamento e tomada de decisão relativa às questões ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas técnicas (ABNT). Manguezal, metodologia para estudo do ecossistema: padronização. Rio de Janeiro, 1988. 8 p.

Brasil, Código Florestal Brasileiro. Lei Federal Nº 4.771. 15 de Outubro de 1965

Brasil, Constituição da República Federativa do Brasil. Artigo Nº 225. 1988.

Brasil, Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução Normativa N° 303, 20 de Março de 2002.

FOGLIATTI, M. C.; FILIPPO, S.; GOUDARD, B. Avaliação de Impactos Ambientais – Aplicação aos sistemas de transporte. Rio de Janeiro. 2004.

MATA, S. Planejamento urbano e preservação ambiental. Fortaleza: UFC, 1981. 242 p.

MELLO FILHO, J. A. - Estudo das microbacias hidrográficas, delimitadas por compartimentos geomorfológicos, para o diagnostico físico - conservacionista. Dissertação de Mestrado. Santa Maria-RS. Brasil. 1999.

MILANO, M. S. Unidades de conservação: conceitos básicos e princípios gerais de planejamento, manejo administração. Curitiba: [s.n.], 1993. 63 p.

ROCHA, J. S. M. da. Manual de Projetos Ambientais. Santa Maria: UFSM, 1997. 423p.

Secretaria Estadual de Recursos Hídricos – SERHID. Plano Estadual de Recursos Hídricos. Novembro de 1998. 254 p.

DOI: 10.4215/RM2009.0816.0016

MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DA BACIA DO APODI-MOSSORÓ - RN – NE DO BRASIL

Profa. Especialista Alexsandra Bezerra da Rocha
Universidade Estadual do Rio Grande do Norte
Rua Almino Afonso, 478 CEP: 59.610-210 - Mossoró, RN, Brasil
Telefone: (84) 3317-4596 – alexsandrarocha2@hotmail.com

Profª Drª Claudete Aparecida Dallevedove Baccaro
claubaccaro@yahoo.com.br

Prof. Dr. Paulo César Moura da Silva
paulo.moura@ufersa.edu.br

Prof. Dr. Ramiro Gustavo Valera Camacho
ramirogustavo@uern.br

RESUMO

A Bacia Apodi-Mossoró corresponde a 27% do RN. O objetivo deste trabalho é definir, mapear, caracterizar os aspectos geológicos, geomorfologicos e paisagísticos encontrados na pesquisa de acordo com alguns estudiosos Ab' Saber (1953, 1969, 1974, 2003), Petri e Fúlfaro (1983), Bigarella e Andrade (1964), entre outros. A metodologia fundamentou-se na análise da paisagem. O estudo utilizou também base topográfica, levantamentos bibliográficos, viagens de campo, análise de imagens dos satélites LANDSAT e CBERS 2 e inferências a partir dos dados coletados em GPS, Datum SAD 69 e projeção UTM, para confecção dos mapas temáticos utilizou-se o Spring 4.2. Com base nos estudos realizados na bacia analisou-se as unidades morfoestruturais e morfoesculturais. A partir das informações separou-se em um quadro síntese as unidades de paisagens, suas fragilidades ambientais, potencialidades e atividades econômicas, com propostas de conservação e recuperação.

Palavras-chave: Bacia Sedimentar, Embasamento Cristalino, Unidades de Paisagens.

ABSTRACT

Apodi-Mossoró Basin corresponds to 27% of the RN. The objective of this work is to define, map, characterize the geology, geomorphological and landscape found in the investigation developed by some researchers such as Ab' Saber (1953, 1969, 1974, 2003), Petri e Fúlfaro (1983), Bigarella e Andrade (1964), and others. The methodology was based on analysis of the landscape. For the study was also used topographic and literature surveys, field trips, analysis of satellite images LANDSAT e CBERS 2 and inferences from the data collected in GPS, Datum SAD 69 e projection UTM used to make thematic maps with Spring 4.2. Basado en estudios en la cuenca se analizó y Unidades Morfoestruturais y Morfoesculturais. From this information was possible to have tables of landscape units, its fragile environmental and economic potential and economic activities, with proposals for conservation and recovery.

Keywords: Sedimentary Basin, the Crystalline Units Landscape

RESUMEN

Cuenca Apodi-Mossoró corresponde al 27% de los RN. El objetivo de este trabajo es definir, mapear, caracterizar la geología, geomorfológicas y el paisaje se encuentra en la búsqueda de acuerdo a algunos investigadores Ab' Saber (1953, 1969, 1974, 2003), Petri e Fúlfaro (1983), Bigarella y Andrade (1964) entre otros. La metodología se basó en el análisis del paisaje. El estudio también se utiliza en topográficos, estudios de literatura, viajes de campo, análisis de imágenes de satélites LANDSAT e CBERS 2 y deducciones a partir de los datos obtenidos del GPS, Datum SAD 69 y proyección UTM, para la confección de los mapas temáticos utilizados lo Spring 4.2. Basado en estudios en la cuenca se constató las principales unidades morfoestructurales e unidades morfoesculturais. De esta división de información en una tabla de unidades de paisajes, resumen de su frágil medio ambiente, actividades potenciales y económico, con propuestas para la conservación y recuperación.

Palabras Clave: cuenca sedimentaria, las Unidades de cristalina de los paisajes.

Introdução

O Estado do Rio Grande do Norte apresenta uma área de 53.306 Km² localizado entre as coordenadas de 4° 49'54''S, 6° 58' 52''e 38° 35' 12''W e 34° 58'07''W situado no Nordeste Brasileiro. Seu espaço é ocupado por uma população de aproximadamente 2.771.538 habitantes segundo o Censo de 2000 do IBGE.

A bacia do Apodi – Mossoró objeto deste estudo tem um elevado grau de antropização, caracterizado pelas atividades econômicas, urbanização crescente, portanto necessita de um planejamento que vise o monitoramento das atividades em andamento e das atividades futuras. A caracterização das formas do relevo e dos processos geomorfológicos tornam-se essenciais para a identificação de áreas em desequilíbrio ambiental.

Segundo Cruz (1980) o levantamento das formas de relevo é o ponto básico de partida para o planejamento, principalmente quando a unidade de trabalho refere-se à bacia hidrográfica, uma vez, que são as bacias de drenagem os maiores escultores do relevo. Por meio do mapeamento geomorfológico é possível não só identificar a morfologia mas também, na correlação com os demais aspectos naturais, levantar áreas onde se podem indicar possíveis usos e restrições.

A Bacia do rio Apodi – Mossoró abrange uma área de 14.278 km^2 (correspondendo a 26,8% da área estimada do estado). Inserida na região onde predomina o bioma caatinga no estado do RN. A bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, esta inteiramente inserida no estado do Rio Grande do Norte, desde a sua nascente na serra de Luiz Gomes até a foz entre os municípios de Areia Branca e Grossos, percorrendo neste trajeto aproximadamente 210 km.

Está região encontra-se insulada entre a chapada do Araripe (800 a 1100m) e o planalto da Borborema (670 a 1100 m). Segundo Ab'saber (2003) a origem do sertão semi-árido reside num complexo feixe de atributos: climáticos, hidrológicos, e ecológicos.

O clima predominante é quente do tipo BSW'h' segundo a classificação de Koppen, com duas estações bem definidas, uma chuvosa e outra seca. Nas áreas serranas das bacias, nas proximidades das nascentes ocorre o tipo AW, caracterizado por um clima tropical chuvoso com verão seco e estação chuvosa no outono. Os índices pluviométricos médios das bacias estão entre 550 e 800 mm por ano.

Predominantemente na região semi-árida do Rio Grande do Norte ocorre a caatinga como tipo vegetal típico da região. Com base nas observações de campo e segundo as espécies mais expressivas, Andrade (1981), fez uma classificação da vegetação em duas comunidades facilmente reconhecíveis no campo: florestal e não florestal, reconhecendo neste último caso, vegetação herbáceo-lenhosa e puramente herbácea.

A geologia da região pertence em parte ao escudo cristalino brasileiro representado por rochas do Pré-cambriano; Complexo Presidente Jucelino; Complexo Caicó, Jucurutu e Ceará. As litologias predominates são os guinaisses, quatizolitos, xistos, calcários cristalinos metomórficos e graníticos (Radam, 1981; Petri e Fulfaro, 1983; Pires, 1998).

Além dessas formações rochosas, indo para o litoral em ambas as bacias hidrográficas, existem as formações sedimentares do Grupo Apodi, representadas pelas formações Jandaíra e Açu as deposições do Grupo Barreiras e cobertos coluvioeluviais e as aluviões, tabuleiros, paleoduna e dunas (Radam, 1981 e Pires, 1998). Destacam-se na paisagem diversos compartimentos morfológicos: Depressão Sertaneja, Planaltos Residuais, Maciços Centrais e Planalto Sertanejo.

Com relação às classes de solos mais comuns pode-se constatar tomando como subsídio o mapa de solo Folha Jaguaribe / Natal Radam (1981) e Embrapa (1999) que predominam os seguintes tipos de solos: Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico, Cambissolo Eutrófico, Bruno Não Cálcico, Solos Litólicos Eutróficos, Rendzina, Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, Latossolo Amarelo Distrófico, Vertissolo, Solos Aluviais Eutróficos, dentre outros.

As principais atividades econômicas são: fruticultura irrigada, agricultura familiar, economia salineira, exploração mineral (a sheelita, barita, berilo, cassiterita, caulim, calcário, pedras ornamentais (granito, mármore, quartzitos)) e mais recentemente o minério de ferro. Exploração petrolífera, a distribuição da produção de petróleo e seus impactos ambientais e econômicos incidem totalmente sobre a bacia hidrográfica.

O objetivo deste trabalho é definir, mapear, caracterizar e descrever os diferentes padrões da organização do relevo na bacia do rio Apodi – Mossoró de acordo com alguns estudiosos: Ab' Saber (1953, 1969, 1974, 2003), Petri e Fúlfaro (1983), Bigarella e Andrade (1964), entre outros.

Metodologia

Para elaborar o estudo das morfoestrutura e suas morfoesculturas da bacia do Apodi-Mossoró-RN, foi necessário analisar e interpretar os tipos de estrutura, atuação dos processos, tendências da dinâmica natural, formas de uso e ocupação e retrospectiva da evolução da paisagem. Para tanto, foi determinado os problemas, potencialidades e fragilidades, foi criada uma tabela com algumas sugestões mitigadoras para a melhoria das áreas degradadas.

A metodologia aplicada se fundamenta na Paisagem. Entende-se a Paisagem como uma representação espacial das relações estabelecidas entre a sociedade e a natureza.

Ao analisar um determinado território, torna-se necessário compreender o mosaico de paisagens, bem como os processos de construção e dinamização dessa realidade, a fim de se conhecer o limiar de equilíbrio dinâmico dos sistemas ambientais. A metodologia utilizada para esta análise se fundamenta na classificação taxonômica de Ross (1992). Formulada a partir do projeto RADAMBRASIL e no laboratório de geomorfologia da Universidade de São Paulo. Trata-se de uma proposta apropriada para a representação dos fatos geomorfológicos de grandes dimensões e em escalas pequenas e médias, tal como o mapeamento em escala regional.

Essa classificação do relevo contem informações necessárias do 1º ao 4º Taxon: 1º Taxon Unidades Morfoestruturais que definem e sustentam um determinado padrão de formas de relevo; 2º Taxon Unidades Morfoesculturais corresponde aos compartimentos e subcompartimentos do relevo pertencentes a uma determinada morfoescultura, gerados a partir de alterações climáticas; 3º Taxon Unidades Morfológicas são conjuntos menores de formas de relevo, apresentam rugosidade topográfica, bem como formatos de topos, vertentes e vales de cada padrão; 4º Taxon Tipos de formas de relevo ou conjuntos de formas semelhantes corresponde às tipologias do modelado.

Deve-se, porém, destacar que a metodologia apresentada foi parcialmente aplicada em virtude da dimensão da área estudada e de impossibilidades técnicas de representações, portanto, o detalhamento compreendeu somente até o 4º Taxon.

Utilizou-se cartas geológicas e geomorfológicas do projeto Radam Brasil escala de 1:100.000, cartas digitalizadas da SERHID e da CPRM, imagens do satélite CBERS (2005 e 2007). O software utilizado foi Spring 4.2 e Gvsig 1.1.1, GPS e máquina digital. Após a elaboração dos mapas foram realizados trabalhos de campos na bacia a fim de comparar e acertar algumas duvidas que não foram possível visualizar através das imagens de satélites.

O Mapa Geomorfológico foi gerado contendo as Unidades Morfoestruturais, Morfoesculturais, Morfológicas e Topologia das formas de relevo, feito na escala de 1:250.000.

A classificação da fragilidade do ambiente foi feita levando-se em conta o teor de alteração do quadro natural, as interferências humanas aí realizadas e os problemas ambientais constatados. Assim, para analisar as fragilidades dos ambientes da referida bacia adotou-se a seguinte classificação: alta fragilidade para os ambientes de transição marinho continental, muito frágil para as planícies fluviais, média fragilidade para os tabuleiros litorâneos e da caatinga. Esta metodologia levou em consideração o tipo de relevo (declividade, geologia e geomorfologia), hidrografia e as atividades econômicas, bem como a ação antrópica. Os trabalhos de campo proporcionaram a identificação das unidades geomorfológicas na bacia do rio Apodi – Mossoró, trazendo uma análise mais ampla sobre a geologia, gemorfologia, pedologia, o uso e a ocupação do solo desta área.

Resultados e Discussões

Unidade Morfoestrutural da Bacia Potiguar e Suas Morfoesculturas

As principais Unidades morfoestruturais (correspondem à Bacia Sedimentar Potiguar e ao Embasamento Cristalino das rochas do Pré-Cambriano) e morfoesculturais da bacia hidrográfica do Apodi-Mossoró, na porção sedimentar, compreendem as áreas sustentadas por rochas do Grupo Apodi (Formação

Açu e Jandaíra), Grupo Barreiras e Sedimentos do Quaternário.

As principais unidades identificadas foram: Tabuleiros Costeiros, Tabuleiros da Caatinga, Ambiente de Transição Marinho Continental, Planície Litorânea, Praias e Dunas e a Planície Fluvial. Caracterizou-se cada uma das unidades paisagísticas, afim de melhor entender suas características, potencialidade, fragilidades, para só assim ser possível sugerir alguns medidas de recuperação e uso sustentável dos ambientes estudados.

Tabuleiros Costeiros

Possuem formas tabulares, sua altitude média varia de 70 a 100m atingindo 200m na Serra do Mel ou do Carmo a leste da cidade de Mossoró e sua largura média chega a atingir 150 Km^2 no divisor dos rios Apodi e Jaguaribe. Sua expressão morfológica mais significativa se constitui na Chapada do Apodi. Esta se constitui num relevo de cuesta com as camadas sedimentares levemente inclinadas para o norte.

As altitudes da Chapada do Apodi variam de 20 a 120m é constituída de sedimentos cretáceos das formações do Grupo Apodi, com cobertura de sedimentos de Grupo Barreiras nas proximidades do litoral. A chapada mostra-se bem definida como superfície plana conservada sobre os calcáreos da Formação Jandaíra. Sobre os sedimentos do Grupo Barreiras ela perde o aspecto uniforme, sendo dissecada em interflúvios tabulares.

A chapada é uma grande superfície cárstica, onde predominam os cambissolos e os latossolos eutróficos, ambos fertilizados e de alta fragilidade natural. Os topos planos da chapada apresentam depressões rasas, com água ocupada por carnaúbas. Nesses topos a drenagem não é concentrada devido a grande permeabilidade dos calcáreos e não há uma rede fluvial organizada.

Figura 1: Tabuleiros Costeiros bastante antropizado, Fonte: Rocha, F. A. (novembro 2005).

Tabuleiros da Caatinga

Apresentam-se em forma de um degrau de 1 a 2 metros, entre a planície fluvio-marinha e os tabuleiros costeiros. Estendem-se de ambos os lados das margens do Rio Apodi-Mossoró. São sustentados pelo calcário e recobertos por caatinga hipexerófila, desenvolvidas sobre cambissolos rasos, bem drenados, de textura argilosa e fertilidade natural alta, e chernossolos-rasos, bem drenados, de textura argilosa a muito argilosa e fertilidade natural alta. (Filgueira, et al, 2005).

Estas unidades caracterizam-se por um ambiente com média fragilidade. Verificou-se que a vegetação natural, em muitos locais, foi substituída pela agricultura perene de plantação de caju, fruticultura irrigada e agricultura de subsistência.

O uso do solo rural e urbano vem alterando o quadro natural desta paisagem e alguns problemas já são apontados: rebaixamento dos aqüíferos Jandaíra e Açu; contaminação das águas superficiais pelos esgotos doméstico e industrial e por fossas; exploração imobiliária sem restrições ambientais; erosão laminar e em sulcos; lixo espalhado pelo ambiente; possibilidade de contaminação por vazamento de petróleo nas áreas de exploração e dos dutos; devastação da caatinga na periferia das cidades e na área rural.

As potencialidades ambientais e produtivas destas unidades de paisagem é extremante importante para a sustentação sócio-econômica da população das cidades e comunidades locais.

Dentro de um Plano de Desenvolvimento Sustentável, devem-se incentivar as seguintes atividades: cultivo de culturas comerciais; expansão do plantio de caju, algodão e mamona; exploração sustentável dos aqüíferos Açu e Jandaíra para uso doméstico e irrigação; exploração adequada do calcário, areia e cascalho; incentivar a apicultura; exploração sustentável da carnaúba.

Ambiente de Transição Marinho Continental

Faz parte desta unidade morfológica a planície fluvio-marinha que aparece ao longo do rio Apodi-Mossoró nas proximidades da sua foz, adentrando 35 Km a nordeste. A influência das marés é intensa, pois suas altitudes entre 2 a 4 metros são muito baixas.

Esta unidade se constitui numa faixa de transição de difícil delimitação onde as influências marítimas são bem fortes principalmente pela dinâmica das marés, mas que também recebe forte influência dos sedimentos e água continental.

É uma morfologia extremamente plana. Tais características, aliadas às condições de um clima semi-árido, dão origem a extensas e planas superfícies onde predominam planossolos nátricos e gleissolos sálicos. A cobertura vegetal inexiste ou limita-se a espécies extremamente adaptadas, como aos manguezais e plantas halófitas, dada às condições de pH e elevada concentração de sais nesses solos. (Filgueira et al, 2005). Os sedimentos que constituem essa unidade são predominantemente marinhos nas proximidades da foz e fluviais continentais a montante em trechos mais elevados (ondulações suaves e pequenos terraços fluviais). Nessas áreas há o desenvolvimento de carnaúbas e outras plantas típicas da caatinga. Os solos predominantes são os Neossolos flúvicos, Chernossolos e Cambissolos.

Essas áreas da planície fluvio-marinha são intensamente ocupadas pelas salinas e fazendas de carcinicultura. Atividades essas que alteraram quase totalmente o ambiente natural dos canais do estuário.

Dentre as fragilidades Ambientais levantadas podemos citar: alteração total do ambiente físico dos canais do estuário; assoreamento muito grande de toda a região estuarina; contaminação das águas do estuário pelas salinas, efluentes da carcinicultura, degradação do mangue, e conseqüentemente a formação do deserto salino nas proximidades da foz do rio do Carmo.

Essa unidade por se constituir em transição de ambiente marinho e continental necessita de medidas mitigadoras de ambos os ambientes e também das outras unidades de paisagens, sobretudo da planície litorânea, da fluvial e dos tabuleiros, as quais são as mais próximas, porém não está ausente a influência das demais unidades a montante desse ponto.

Figura 2 - Salinas no estuário do rio Apodi-Mossoró. (Setembro, 2005) Autor: Rocha, F. Â.

Planície Litorânea

Compreende as seguintes unidades morfológicas: planície fluvio-marinha, praias e dunas. A Planície fluvio-marinha aparece ao longo da bacia do Apodi-Mossoró nas proximidades da sua foz, adentrando 35 Km^2 a nordeste. A influência das marés é intensa, pois suas altitudes entre 2 a 4 metros são muito baixas e uma morfologia extremamente plana. Tais características, aliadas às condições de um clima semi-árido, dão origem a extensas e planas superfícies onde predominam planossolos nátricos e gleissolos sálicos. A cobertura vegetal inexiste ou limitam-se, a espécies extremamente adaptadas, como os manguezais e plantas halófitas.

Os sedimentos que constituem essa planície são predominantemente marinhos nas proximidades da foz e fluvio continentais a montante em trechos mais elevados (ondulações suaves e pequenos terraços fluviais) nessas áreas há o desenvolvimento de carnaúbas e outras plantas típicas da caatinga. Os solos predominantes são os Neossolos flúvicos, Chernossolos e Cambissolos.

Essas áreas da planície fluvio-marinha são intensamente ocupadas pelas salinas e fazendas de carcinicultura. Isto preocupa, pois este ambiente é muito frágil.

Figura 3 - Canal do Rio Mossoró assoreado.

Figura 4 - Margem do Apodi-Mossoró e exploração de Petróleo em meio aos carnaubais. (Junho, 2005). Autor: Rocha, F. A .

Praias e Dunas

Praias

A faixa litorânea influenciada pela bacia do Apodi-Mossoró vai desde Tibau, Grossos e Areia Branca, comportando diversas praias que se alongam neste litoral. Os depósitos de praias ocorrem na transição continente oceano, e são constituídos de areias finas a grossas, com níveis de cascalho associados aos afloramentos de arenitos e conglomerados carbonatados formando os cordões de "beach rochs", além da

presença de recifes de arenito na forma de franjas. Os solos predominantes são os Neossolos Quartzarênicos relacionados as areias e algumas manchas de Planossolos Nátricos e Gleissolos Sálicos nas proximidades com a planície fluvio-marinha.

Figura 5 - Praia de Upanema. (Junho, 2005) Autor: Rocha, F. Â.

Dunas

São formas de acumulação da areia pela forte atuação dos ventos e cobrem uma área aproximada de 200 km² numa faixa irregular. Apresentam uma morfologia predominantemente convexa em forma de campos de bacanas, cujas pontas indicam a direção do vento predominante, como de cordões dunares (barcanóides).

Quanto à dinâmica podem ser fixas, semifixas ou edafizadas, com predominância das primeiras, Dunas edafizadas (paleodunas), como as que ocorrem à nordeste de Areia Branca, apresentam-se na forma de morrotes arredondados com coloração amarelada e avermelhada que as diferenciam das mais recentes. Os sedimentos das dunas compõem-se de areias finas e médias, areias quartzos pouco consolidadas e inconsolidadas, avermelhadas e esbranquiçadas, incluindo ainda areias, e alguns níveis de minerais.

Figura 6 e 7 - Praia de areia branca, ocupação descontrolada. (Junho, 2005) Autor: Rocha, F. Â.

As fragilidades ambientais da planície litorânea, incluído tanto as praias, como as dunas, estão diretamente relacionadas com seu frágil equilíbrio ecológico e o uso inadequado e sem medidas de preservação que vem sendo submetida desde que o homem passou a ocupá-las.

Alguns problemas de degradação constatados: contaminação das águas superficiais pelas salinas, esgotos domésticos, efluentes das fazendas de camarão, saneamento básico inexistente, desmate e aterro dos manguezais, assoreamento muito forte do canal fluvial, exploração imobiliária em áreas de risco (dunas, praias), área portuária com óleo na água, áreas sujeitas a derramamento do petróleo, fortes possibilidades de contaminação do aqüífero dunário, diminuição da capacidade pesqueira.

Planícies Fluviais

Esta unidade morfoescultural corresponde aos depósitos aluviais atuais e os correlativos que compõem os terraços e salões da planície do Apodi-Mossoró e de seus principais afluentes com destaque para o rio do Carmo.

Segundo Radam (1981) os aluviões da bacia do Apodi-Mossoró cobrem uma área aproximada de 470 Km². Apresenta largura muito variável em parte do médio e em todo o baixo curso e tem sua maior largura nas proximidades do litoral se interligando com a planície fluvio-marinha, tornando-se difícil traçar seus limites, também em função da forte alteração causada pelas atividades das salinas e carcinicultura. Observa-se também um sistema de paleocanais e meandricos que foram deixados pelo Apodi-Mossoró, principalmente nos depósitos sobre a Formação Açu e baixo curso próximo da cidade de Mossoró.

Os depósitos aluvionais constituem-se basicamente de areias finas a grosseiras, cascalhos e camadas de argilas com matéria orgânica. Nas áreas mais largas, o relevo é plano e eventualmente há pequenos patamares. A espessura média estimada por Radam (1981) foi de 5m, podendo apresentar localmente valores maiores.

Segundo Ab' Saber (1977) os "salões" são planícies aluviais, em baixos vales, com semi-áridez, com forte incidência de salinização local em áreas de planície de fundo de estuários colmatados, como é o caso do baixo Apodi-Mossoró. São áreas com várias salinas, onde os teores relativamente altos de sais impediram a penetração das caatingas e dos carnaubais-galerias, favorecendo apenas a instalação de vegetação rasteira halófita. Ações antrópicas predatórias acentuaram a aridez local de tais paisagens, reconhecidas como "salões" e eventualmente designada localmente como "barro branco".

Em relação ao uso do solo, há extração de areia para construção civil, corte das carnaubeiras e degradação desta mata pelas atividades praticadas em suas proximidades. Partes destas áreas são ocupadas pela pecuária semi-extensiva, agricultura de vazante. A urbanização nas cidades, ocupa áreas da planície fluvial, tanto no seu leito maior quanto menor, chegando às barrancas fluviais como é o caso de Mossoró e Pau dos Ferros.

As fragilidades ambientais nesta paisagem estão representadas pelo forte assoreamento do canal fluvial Apodi-Mossoró, e de seu afluente principal o rio do Carmo, inundações de suas várzeas nas áreas urbanizadas, remoção da cobertura vegetal, poluição das águas por esgotos doméstico e industrial, erosão marginal de suas barrancas, alteração do leito maior e menor e captação de água sem fiscalização.

Figura 8 - Planície Fluvial ocupada por cultura de vazante, proximidades da cidade de Riacho da Cruz. (novembro 2005). Autor: Camacho, R. G. V.

As potencialidades dessa área estão relacionadas a um controle mais efetivo do uso e ocupação de seus recursos dentre eles areia, argila, água, carnaúba, seguindo um plano de desenvolvimento sustentável que incorpore o turismo ecológico e cultural, a pesca, o extrativismo da carnaúba, a criação do camarão e a indústria salineira.

Elaborou-se tabela, com as fragilidades, potencialidades e propostas de conservação das unidades de paisagens da bacia do Apodi-Mossoró.

As tabelas foram elaboradas de acordo com os autores citados anteriormente e com as viagens de campo durante o projeto de Zoneamento das Bacias Hidrografias do Apodi-Mossoró – 2005-2007 – FAPERN. Através das informações do quadro síntese, pode-se entender a importância econômica, ambiental e social destas unidades de paisagem.

Unidade Morfoestrutural do Embasamento Cristalino e Suas Morfoestruturas

Compreende as áreas sustentadas pelas rochas do Complexo Caicó, Grupo Serra de Serra de São José, Formação Jucurutu, suítes magmáticas do Pré Cambriano no território da bacia Apodi-Mossoró. (Carta das Unidades Geomorfológicas). As principais unidades morfoesculturais identificadas na bacia acima mencionada representam o segundo nível taxonômico para o mapeamento do relevo.

Relevos Residuais - (Média Fragilidade)

Os relevos residuais são relevos testemunhos topograficamente mais elevados separados pela superfície rebaixada da Depressão Sertaneja. São resultantes de erosão diferencial em substratos rochosos complexos e geralmente constituídos pelo embasamento cristalino.

São relevos sustentados pelas rochas da suite magmática, principalmente granitos e granodioritos, da Formação Jucurutu entremeados pelas dos Complexos Caicó e Grupo Serra de São José. Segundo Radam (1981) a predominância litológica são os granitos e gnaisses. Os granitos mantêm os ressaltos topográficos de topos mais planos e levemente arredondados e nas zonas dos gnaisses uma maior dissecação com relevos mais agudos ou convexos.

A serra de São José é um conjunto de relevo mais elevado apresentando formas aguçadas com vertentes retilíneas e vales encaixados. Alguns setores se apresentam com formas convexas separados por vales encaixados e outros de fundo plano. Alguns topos apresentam a forma tabular com bordas erosivas de vertentes retilíneas.

As Serras de Martins e Porta Alegre se constituem num maciço expressivo no interior da Depressão Sertaneja com altitudes entre 700 e 730m, e direção SE-NO, sustentado por um arcabouço granítico capeado por rochas sedimentares da Formação Serra de Martins. Nesse topo há uma sucessão avermelhada de depósitos de óxidos de ferro, bem dura, onde desenvolve uma capa laterítica que mantém e resiste aos processos erosivos e denudacionais no tempo geológico. Apresenta bordas entrecortadas por anfiteatros, ora mais ora menos fechados, onde se localizam os nichos de pequenas nascentes dos canais fluviais intermitentes que cortam as encostas da Serra.

As condições naturais dessas paisagens impõem restrições ao seu uso. As altas declividades, os afloramentos rochosos que recobrem extensivamente essas vertentes, os solos muito finos e pouco desenvolvidos associados ao rigor do clima semi-árido tornam grande parte dessas áreas impróprias ao uso agrícola. Somente as áreas de topo plano fogem a essa regra.

Tabela 1- Fragilidades, Potencialidades e Propostas de Conservação. Bacia Sedimentar Apodi-Mossoró

Unidades das Paisagens	*Fragilidades Ambientais*	*Potencialidades ambiental-econômica*	*Proposta de Conservação, recuperação de áreas degradadas.*
Tabuleiros Costeiros **Média Fragilidade**	-Rebaixamento dos aqüíferos Jandaíra e Açu. -Contaminação das águas superficiais pelos esgotos domésticos, industrial e fossas. -Contaminação dos solos. -Exploração imobiliária sem controle ambiental. -Erosão laminar e em sulcos. -Devastação da Caatinga.	-cultura de cultivos comerciais. Desenvolvimento sustentável da indústria salineira e criação de camarão. -Exploração sustentável do petróleo. -Exploração sustentável do aqüífero dunário. -Desenvolvimento do turismo ecológico e cultural. -Desenvolvimento da pesca sustentável. -Extrativismo sustentável da carnaúba	- controle no uso da água dos aqüíferos e pesquisas para avaliação de seu potencial e monitoramento. - Saneamento básico e instalação de aterro sanitário. - evitar desmatamento e queimadas. - Fiscalização e orientação ambiental. - Continuação dos programas para as comunidades. - orientação e programas para as comunidades rurais. - Plano diretor e fiscalização para os centros urbanos.
Ambiente de Transição **Marinho Continental** **Alta Fragilidade**	-Alteração dos canais fluviais no estuário -Forte assoreamento -Contaminação da águas pelos efluentes das fazendas de carcinicultura e das águas das salinas -Forte devastação e alteração dos manguezais -Desertificação na foz do Rio do Carmo e ampliação deste processo na área - Sujeita a contaminação por vazamento de petróleo.	-Exploração sustentável do sal -Produção sustentável de camarão -Exploração da pesca artesanal	-Elaboração de um plano de recuperação de todo o ambiente de transição marinho e continental -Aplicação da lei ambiental que determina as áreas de preservação permanente. -Necessidade de fiscalização mais efetiva neste ambiente
Planície Litorânea **Muito Frágil**	-Contaminação das águas superficiais pelas salinas, esgotos, fossas e efluentes das fazendas de camarão. - Saneamento básico inexistente. -Desmate e aterro dos manguezais. -Assoreamento dos canais. -Diminuição da capacidade pesqueira. -Exploração imobiliária em áreas de risco (dunas, praias e planícies). -Sujeita a contaminação por vazamento de Petróleo. -Área portuária com óleo na água. -Contaminação do aqüífero dunário.	-Desenvolvimento sustentável da indústria salineira e criação de camarão. -Exploração sustentável do petróleo. -Exploração sustentável do aqüífero dunário. -Desenvolvimento do turismo ecológico e cultural. -Desenvolvimento da pesca sustentável. -Extrativismo sustentável da carnaúba.	-Implantação de saneamento básico nas cidades e comunidades locais -Fiscalização ambiental mais acirrada. -Adequar e seguir as normas do Plano Diretor e do Zoneamento Ecológico e Econômico-IDEMA -Maior participação da população local no desenvolvimento do turismo. -Criar programas e desenvolver o turismo. -Crias programas e desenvolver outras fontes de energia (eólica e solar). -Implantar aterro sanitário e saneamento básico. -Criar unidades de conservação no estuário do Apodi-Mossoró.
Planícies Fluviais **Muito Frágil**	Assoreamento do canal do Apodi-Mossoró. -Inundação das várzeas nas áreas urbanas -Remoção da cobertura vegetal -Poluição das águas -Super exploração e contaminação dos aqüíferos -Erosão marginal. -Alteração do leito maior e menor.	-Desenvolvimento sustentável da indústria salineira e criação de camarão. -Exploração sustentável do petróleo. -Exploração sustentável do aqüífero dunário. -Desenvolvimento do turismo ecológico e cultural. -Desenvolvimento da pesca sustentável. -Extrativismo sustentável da carnaúba. -Exploração adequada de areia e argila.	-Tratamento de lixo e esgoto. -Fiscalização ambiental mais acirrada no fundo do vale. -Criar Parques e Reservas Ambientais nos perímetros dos núcleos urbanos. -Implantar aterro sanitário e saneamento básico. -Recuperação e preservação das áreas de preservação permanente estipulada pela Lei Ambiental.

Fonte: Baccaro, Claudete. Ap. D (2006)-Durante o projeto de Zoneamento da Bacia.

Figura 9 - Serra de Martins – topo tabular, Foto: Rocha, Alexsandra 2006

Depressão Sertaneja - (Baixa a Média Fragilidade)

É a unidade morfoescultural mais representativa na bacia do Apodi-Mossoró, ocupando uma área de 9012 Km².

Se constitui num compartimento periférico e interplanáltico circundado por relevos mais elevados. Suas altitudes estão entre 50 e 170m. Seu limite com os relevos residuais é nítido ao ser observado nas imagens de satélite e cartas topográficas, porém na região dos tabuleiros nem sempre aparece o desnível altimétrico e a passagem se faz de forma gradual, sem ruptura de declive.

As suaves colinas dessa unidade morfoescultural vem sofrendo a influência por várias décadas da atividade agropastoril. Essas atividades associadas à degradação dos tecidos ecológicos tem levado a ampliar os pontos de desertificação no nordeste seco apontado por diversos pesquisadores dentre eles Ab' Saber (1977).

Planícies Fluviais - (Muito Frágil)

As planícies fluviais, desta unidade morfoescultural, estão relacionadas às drenagens intermitentes, são estreitas ao longo dos canais, e às vezes estendem-se em alguns alvéolos em forma de leques aluviais. As planícies aluviais nesta unidade morfoestrutural do embasamento cristalino estão alojadas, principalmente nos segmentos da drenagem que percorrem a Depressão Sertaneja entre afloramentos de rochas dos pediplanos.

Seus materiais constituintes são de grunulometrias diferenciadas desde areias, cascalhos e blocos de rochas, dispostos de forma caótica. Os solos predominantes são os Nesossolos Flúvicos. As carnaúbas aparecem sempre associadas as planícies fluviais, se constituindo na vegetação típica de mata galeria do semi-árido.

Na figura 10 tem-se a espacialização destas áreas em um mapa temático, vê-se através do mapa que a bacia do Apodi-Mossoró é praticamente dividida ao meio em relevo sedimentar e embasamento cristalino. No primeiro tem-se a planície litorânea, relevo residual (Serra Mossoró), Tabuleiro Costeiro e Litorâneo e Planície Fluvial, o Arquifero Jandaíra e Açu. Já no embasamento cristalino tem-se os relevo residuais (Serra de Martins, Portoalegre, São Miguel, Serra de Luis Gomes e São José), nesta área a densidade da drenagem é bem característica em virtude das características do solo e do relevo. No embasamento Cristalino tem-se os limites dos municípios.

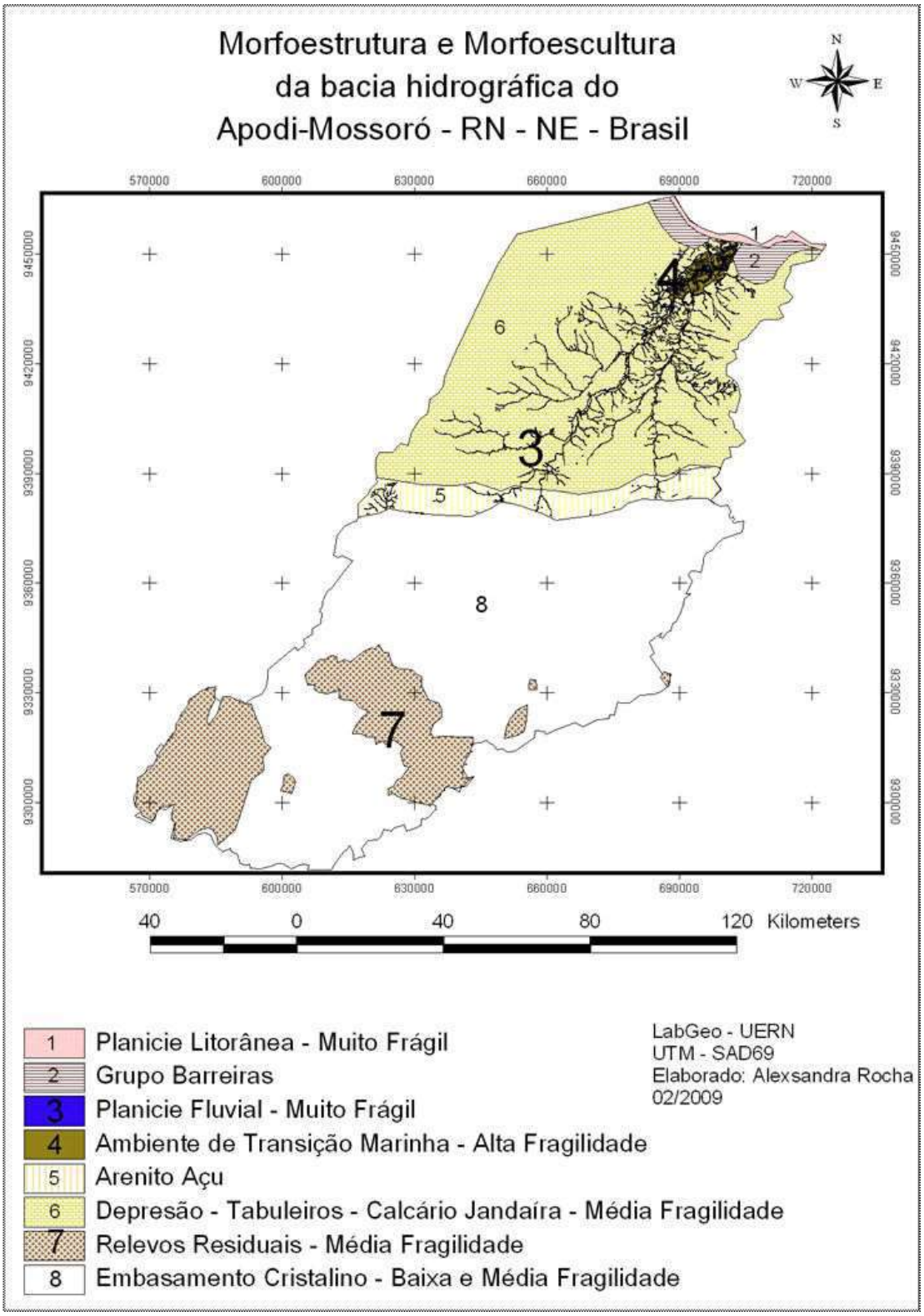


Figura 10 - mapa das unidades Morfoestruturais e suas morfoesculturas, localizada e estudadas no projeto de Zoneamento Ambiental.

Considerações Finais

O esboço das características morfoesculturais da Bacia Sedimentar Potiguar desenvolveu-se levando-se em consideração os fatores geológicos e geomorfologicos que compõem a bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró e sua intima influência com as relações sócio-ambientais e paisagísticas.

Sabe-se, no entanto que apenas caracterizar esta paisagem não basta, é necessário considerar que o homem também é um grande elemento modelador da paisagem. Acredita - se que este trabalho pode vir a otimizar juntamente com os conhecimentos já existentes, as políticas de desenvolvimento econômico, pois ao se conhecer as características desta área podemos identificar as suas potencialidades e fragilidades e propor medidas, e projetos ambientais que visem a sustentabilidade das unidades morfoestruturais e suas morfoesculturas.

O mapa das unidades morfoestruturais e morfoesculturais serviu para entender o grau de fragilidade de cada unidade paisagística, as que estão próximo dos canais, as que estão mais distantes. As propostas de conservação e de recuperação que foram sugeridas neste trabalho, levaram em consideração as atividades já existentes nas regiões e as potencialidades de regiões que ainda não despertaram para tais atividades, sobretudo das regiões de áreas degradadas envolvendo diversas atividades e programas.

Dentre as principais fragilidades está o rebaixamento dos aqüíferos Jandaíra e Açu, contaminação das águas superficiais pelos esgotos domésticos, industrial e fossas, exploração imobiliária sem controle ambiental, dentre outros, as potencialidades ambiental e econômica estão relacionadas ao desenvolvimento sustentável da indústria salineira, cultura de cultivos comerciais, exploração sustentável do petróleo, desenvolvimento do turismo ecológico e cultural, entre as proposta de conservação e recuperação das áreas degradadas verificamos como primordial o controle no uso da água dos aqüíferos e pesquisas para avaliação de seu potencial e monitoramento, saneamento básico, instalação de aterro sanitário, fiscalização e orientação ambiental, plano diretor, plano de recuperação do ambiente de transição marinho e continental, dentre muitos outros. Através das informações do quadro síntese, podemos entender a importância econômica, ambiental e social destas unidades de paisagem. Foi possível também construir um mapa das morfoestruturas e suas morfoesculturas.

Seria muito importante a implantação de Unidades de Conservação e que se recuperassem as áreas de Preservação Permanente estipuladas em Lei Ambiental. E fiscalização ambiental mais efetiva. Acredita-se que os aspectos físicos e paisagísticos levantados pelo presente trabalho reforçam a importância do Zoneamento Ambiental como instrumento para um melhor aproveitamento dos recursos naturais e da preservação ambiental e cultural.

Agradecimentos

Trabalho resultado do Projeto Zoneamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Apodi-Mossoró, ano 2006-2007 financiado pela FAPERN-CNPq.

Referência Bibliográfica

AB'SABER, A N. & COSTA, Jr. **Contribuição ao Estudo do Sudoeste Goiano**. Boletim Paulista de Geografia Anais da Associação dos Geógrafos Brasileiros. São Paulo, N° 4, Vol.1.1953.

_____. **Um conceito de Geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário**. Geomorfologia. São Paulo. USP-IGEOG 18, 1969.

_____. **O Domínio Morfoclimático Semi-árido das caatingas Brasileiras. Geomorfologia**. São Paulo. USP-IGEOG, 43, 1974.

_____. A N. **Os Domínios Morfoclimáticos na América do Sul. Geomorfologia.** São Paulo, IGEOG – USP, N° 52, 1977.

_____. **Os Domínios de Natureza no Brasil. Potencialidades Paisagísticas**. São Paulo. Ateliê Editorial, 2003.

ANDRADE, M. C. **A produção do Espaço Norte Rio-Grandense**. Natal. Editora Universitária, 1981.

BACCARO, C. A. **Relatório Técnico do Projeto Zoneamento Ambiental do Rio Grande do Norte**. FAPERN/CNpQ/UERN. Mossoró-RN. 2006.

BIGAGELLA, J. J. & ANDRADE, G. O.de. **Considerações sobre a estratigrafia dos Sedimentos Cenozóicos em Pernambuco (Grupo Barreiras)** Arq. Inst. Ci. Terra, Recife. 1964.

CRUZ, O. Importância das cartas geomorfológicas em estudos ambientais. **Geografia**. Ano 5, Vol. 9 – 10 : 97 – 102p, 1980.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa dos Solos. Sistema brasileiro de classificação dos solos. Brasília: **Embrapa Produção de Informações**, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.

FILGUEIRA, R. F. et al. **Zoneamento Ambiental da Foz do Rio Apodi – Mossoró : Versão Preliminar Mossoró**. Relatório Técnico, UERN. 2005.

PETRI, S; FÚLFARO, V. J. **Geologia do Brasil**. São Paulo, EDUSP, 1983.

PIRES, F. R. M. Arcabouço Geológico. In CUNHA, S.B; GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia do Brasil**, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

RADAM. Projeto Radam Brasil. **Levantamento de Recursos Naturais**. Folha Jaguaribe/Natal. Rio de Janeiro; volume 23. 1981.

ROSS, J. L. S – **Geomorfologia: Ambiente e Planejamento**. São Paulo. Ed. Contexto, 1992.

SERHID. **Plano Estadual de Recursos Hídricos**. Relatório Síntese. Ed. Hidroservice Engenharia. 1998.

Trabalho enviado em fevereiro de 2009
Trabalho aceito em agosto de 2009

REVISTA DE BIOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA ISSN 1519-5228

Volume 6- Número 1 - 1º Semestre 2006

Variabilidade de propriedades químicas do solo aluvial da Ilha de Picos, Pernambuco

Lúcia Helena Garófalo Chaves[1], Iêde de Brito Chaves[2], Paulo César Moura Silva[3], Ana Carolina Feitosa de Vasconselos[4],

RESUMO

Os solos são corpos heterogêneos com ampla variação de propriedades químicas as quais, por influenciarem a produtividade agrícola de uma determinada área, devem ser manejadas da melhor forma possível. Assim, o presente trabalho teve como objetivo estudar a variabilidade de propriedades químicas do solo Aluvial da ilha de Picos, PE, situada no Rio São Francisco, visando oferecer subsídios que possibilitem a recomendação do manejo adequado do mesmo. Numa área experimental de 150 ha foram coletadas 158 amostras de terra na profundidade de 0-0,30 m. Essas amostras foram caracterizadas quimicamente segundo EMBRAPA (1997). Os dados foram analisados através de técnicas estatísticas descritivas. Os resultados obtidos mostraram que as maiores variabilidades foram para P, MO e H + Al e a menor variabilidade foi para o pH. Não houve distribuição normal dos dados. O solo Aluvial da ilha de Picos apresentou-se com média fertilidade sendo necessária a incorporação de matéria orgânica na área, e a reação desse solo, no geral, se mostrou adequada, sendo necessária a sua correção apenas em alguns locais.

Palavras-chave: fertilidade do solo, reação do solo, estatística descritiva.

ABSTRACT

The soils are heterogeneous bodies with wide variation of chemical properties the ones that, for they influence the agricultural productivity of a certain area, they should be handling in the best possible way. Thus, the objective of this work was to study the variability of chemical properties of the alluvial soil of the Picos island, PE, placed in São Francisco River, to offer subsidies that facilitate the recommendation of the adapted handling of the same. In an experimental area of 150 ha, 158 soil samples were collected in the depth of 0-0,30 m. These samples were characterized chemically according to EMBRAPA (1997). The analyses of the data were accomplished by means of descriptive statistical techniques. The obtained results showed that the largest variabilities went to P, OM and H + Al and the lowest variability went to pH. The data not presented a normal distribution. Alluvial soil of the Picos island, PE, came with medium fertility and there is need of incorporation of OM in the area. This soil reaction in the general was adequate. It is necessary its correction only in same places.

Keywords: soil fertility, soil reaction, descriptive statistics

1 - INTRODUÇÃO

Os solos, por serem sistemas dinâmicos e abertos, estão em constante modificação, constituindo assim corpos heterogêneos com ampla variação de propriedades químicas. Eles podem ser naturalmente férteis ou se tornarem férteis pelo manejo adequado. Da mesma forma, esse manejo pode modificar a "reação do solo" que expressa, em termos de pH, as condições de

acidez ou alcalinidade dos solos. O pH do solo influencia, de forma indireta, o desenvolvimento das culturas, evidenciado por meio das mudanças que provoca na solubilidade dos elementos essenciais e tóxicos existentes no solo, alterando a disponibilidades dos mesmos, e na atividade e diversidade de microrganismos do solo.

Em particular, os solos aluviais, que ocorrem na ilha de Picos, PE, em decorrência de fatores relacionados com os seus processos de formação e ações antrópicas, devido as freqüentes enchentes que ocorriam na ilha antes das barragens do Rio São Francisco serem construídas e a exploração agrícola nessa ilha, com uso intensivo de irrigação e a falta de drenagem na área, podem exibir elevada variabilidade espacial de suas propriedades químicas.

O conhecimento dessa variabilidade é importante principalmente para a definição do manejo mais adequado a ser utilizado na área, uma vez que, segundo LeClerg et al. (1962), a fertilidade do solo é sistemática em alguma extensão, fazendo com que áreas contíguas sejam, provavelmente, mais semelhantes do que as mais distantes. Desse modo, é necessária uma análise criteriosa da variabilidade das propriedades químicas do solo, a qual pode ser feita pelo uso de técnicas estatísticas descritivas, apesar dessas não levarem em consideração a estrutura espacial existente nos solos amostrados.

Pesquisas de campo têm mostrado a importância do estudo das variações das condições do solo como aspecto fundamental para se implementar uma agricultura mais eficiente e rentável. E, segundo Coelho (1983), com exceção do pH dos solos, as propriedades químicas apresentam maior variação do que as propriedades físicas dos solos.

A agricultura praticada na ilha de Picos, localizada no Rio São Francisco, há muitas décadas, tem se caracterizado pelo uso de práticas inadequadas e de baixo nível tecnológico, resultando na aceleração do processo de degradação do solo. A exploração intensiva dessa área com culturas de sub-existência e cultivo de cebola, com baixa reposição de nutrientes, juntamente com outros fatores, refletiu na redução da produtividade da mesma devido, principalmente, à diminuição da sua fertilidade natural.

Pelo exposto, e sabendo que a produtividade agrícola de uma determinada área é influenciada, dentre outros fatores, pelas propriedades químicas dos seus solos, o presente trabalho teve como objetivo estudar a variabilidade dessas propriedades do solo Aluvial da ilha de Picos, visando oferecer subsídios que possibilitem a recomendação do manejo adequado do mesmo.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido na ilha de Picos, localizada à margem esquerda do Rio São Francisco, a uma latitude de 09º 11’ S, longitude 40º 19’ W e altitude de 362 m, pertencente ao município de Petrolina, PE, distando do mesmo aproximadamente, de 25 km. A unidade experimental foi constituída de um solo aluvial, correspondente a uma área de 150 ha. Foram coletadas 158 amostras de solo da camada de 0-0,30 m de profundidade, em pontos aleatórios, na proporção, em média, de uma amostra por hectare. Essas amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Irrigação e Salinidade do Departamento da Engenharia Agrícola, que faz parte do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, onde, depois de secas ao ar e passadas em peneira com malha de 2 mm de abertura, foram analisadas quimicamente. Foram realizadas as determinações de pH em água, fósforo (P), matéria orgânica (MO), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), e hidrogênio mais alumínio (H+Al), utilizando métodos analíticos descritos por EMBRAPA (1997). Calculou-se então a soma de bases (S), a capacidade de troca catiônica (CTC) e a porcentagem de saturação por bases (V%).

Os dados obtidos das propriedades químicas foram inicialmente analisados por meio de técnicas estatísticas descritivas, ou seja, por meio de cálculos da média, mediana e moda. Foram calculados também os valores máximo e mínimo dessas propriedades, o desvio padrão (DP), o coeficiente de variação (CV) e os valores de curtose. De acordo com os valores de CV a variabilidade dessas propriedades foi classificada, segundo Warrick & Nielsen (1980), em baixa (CV<12%), média

(12<CV<62%) e alta (CV>62%). Avaliou-se também a distribuição de freqüência dos dados elaborando-se os histogramas de freqüência para acompanhamento gráfico das distribuições das amostras frente aos seus teores.

Para verificar a aderência ou não dos dados à distribuição normal, aplicou–se o teste de Komolgorov-Smirnov (KS) ao nível de 1% de probabilidade. Conforme Costa Neto (1997), para um número de amostras (n) maior do que 50 o valor de KS é calculado pela equação:

$$KS = \sqrt{\frac{-\ln\left(\frac{p}{2}\right)}{2n}}$$

donde,

KS - diferença máxima admitida entre a curva experimental e a teórica;
p- nível de significância escolhido;
n- número de dados amostrados

Se o valor calculado do KS em módulo, for menor que o tabelado correspondente ao número "n" de amostras utilizadas, a distribuição experimental é aceita como aderente à distribuição normal. Caso contrário, os dados experimentais não apresentam distribuição normal.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das medidas descritivas calculadas para as variáveis, juntamente com os valores do teste de Kolmogorov-Smirnov, são apresentados na tabela 1.

TABELA 1- Medidas descritivas dos dados de variabilidade das propriedades químicas do solo

Medidas	pH H_2O	M.O	P	K	Ca	Mg	H+Al	S	CTC	V
		(g kg-1)	(mg dm-3)	----------(cmolc kg-1)----------						%
Média	6,42	6,82	23,18	0,29	5,57	1,88	0,92	7,84	8,72	89,90
Mediana	6,40	5,50	17,20	0,26	5,48	1,83	0,82	7,87	8,64	90,76
Moda	6,26	4,29	35,84	0,19	6,40	1,70	0,00	7,70	9,02	100,00
DP	0,67	7,57	18,20	0,17	2,33	0,57	0,85	2,83	2,95	11,53
CV (%)	10,47	111,03	78,49	58,01	41,87	30,23	92,22	36,05	33,84	12,82
Curtose	0,61	59,90	2,36	3,36	-0,05	1,35	1,47	0,85	0,48	5,23
Máximo	8,28	78,47	97,30	0,99	13,33	3,82	3,99	17,88	17,88	150,87
Mínimo	4,06	0,21	0,04	0,03	1,70	0,22	0,00	3,21	3,91	50,84
KS(%)	0,82	0,61	0,88	0,79	0,34	0,82	0,92	0,40	0,66	0,92

Com base nos valores máximos e mínimos constatou-se grande amplitude de variação para as propriedades químicas. No entanto, essa amplitude deve ser analisada com certas restrições, já que a mesma considera apenas os dois valores extremos de um conjunto de dados, sendo, muitas vezes, afetada por um valor particularmente discrepante, como aconteceu em algumas das propriedades químicas estudadas, concordando com Salviano et al. (1998). Isto pode ser melhor visualizado pelos histogramas de freqüência (Figura 1), os quais, em geral, apresentaram assimetria à esquerda, tendo sido mais acentuada para a matéria orgânica.

Os valores de pH variaram de 4,06 a 8,28, ou seja, de extremamente ácido a moderadamente alcalino, respectivamente, (EMATER, 1979), da forma que encontrado em uma área do Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, PE (Silva, 2001). No entanto, os valores da média e mediana, mostraram que predomina na área estudada amostras com pH em torno de 6,40, ou seja, praticamente neutro, concordando com Cavalcanti et al (1999), o que pode ser confirmado pelo histograma de freqüência (Figura 1a). Os constituintes do solo, em alguns locais da ilha de Picos, por esta ser uma ilha fluvial, refletem a alcalinidade da água do rio, concentrando sais, tanto pelas freqüentes cheias que ocorriam antes da construção da barragem de Sobradinho, como pela prática da irrigação por inundação em tabuleiros, comum para o cultivo do arroz, e a falta de sistemas de

drenagem na área. Seria prudente, em beneficio culturas nestes locais, bem como naqueles onde o pH mostrou-se ácido, fosse feita a correção da reação do solo. Vale salientar também que, se a área não for manejada adequadamente, corre o risco de seu solo se tornar alcalino em uma maior extensão que a atual, prejudicando a produção das culturas.

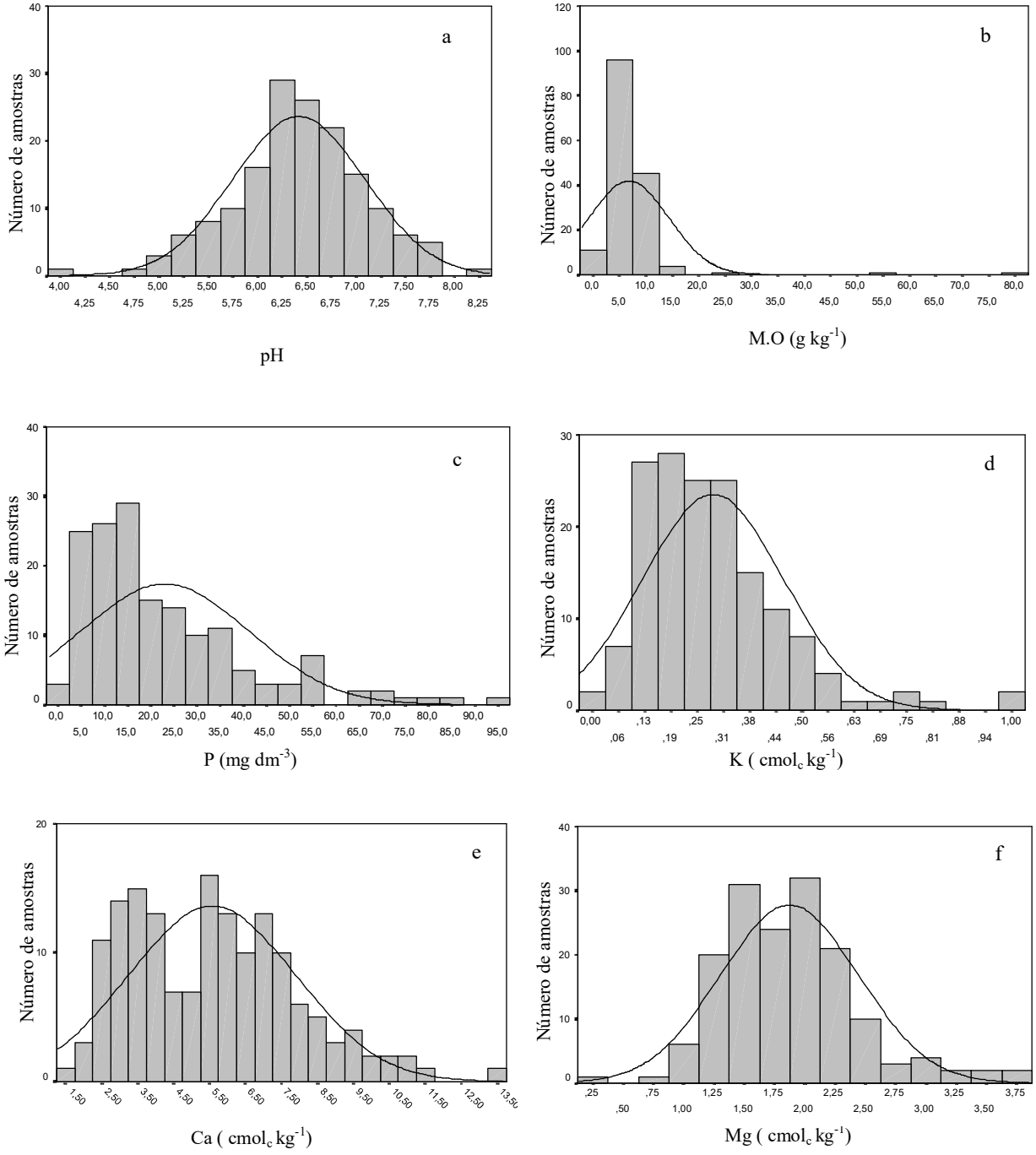


Figura 1. Histograma de freqüência do pH (a), matéria orgânica (M.O.) (b), fósforo (P) (c), potássio (K) (d), cálcio (Ca) (e) e magnésio (Mg) (f) no solo Aluvial da ilha de Picos.

Em relação à MO, observa-se no histograma de freqüência (Figura 1b), que mais de 95% das amostras de terra apresentaram baixos teores (0-15 g kg-1) segundo EMATER (1979), confirmado também, pelos valores da moda. As demais amostras apresentaram teores

classificados como altos, o que provocou uma grande amplitude total dos dados.

Os valores máximo e mínimo encontrados para o P podem ser classificados como alto e baixo, respectivamente, (EMATER, 1979). Apesar da amplitude dos dados, observa-se na figura 1c que a maior parte das amostras apresentou teores variando de baixos (0-10 mg dm-3) a médios (11-30 mg dm-3) predominando, neste caso, teores médios. Mesmo tendo a moda correspondido a um valor considerado alto de P, os valores da média e mediana confirmam a predominância de teores médios de P na área estudada. Cavalcanti et al (1999) em seus estudos, observaram predominância de teores baixos de P na região do São Francisco.

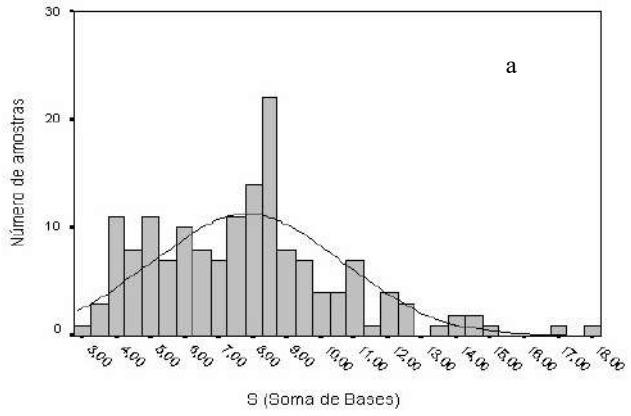
Os teores de K variaram de baixo a alto (EMATER, 1979). No entanto, na figura 1d observa-se que a maior parte das amostras de terra apresentou teores médios (0,12-0,38 cmolc kg-1) desse elemento, confirmados pelos valores da média, mediana e moda, concordando com Cavalcanti et al (1999); em seguida têm-se as amostras com teores altos e uma pequena quantidade delas apresentaram teores baixos.

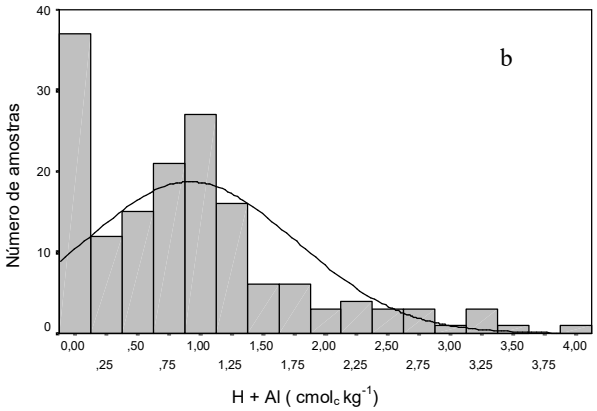
Apesar da grande amplitude dos dados de Ca, observou-se que os valores da média e mediana são semelhantes, 5,57 e 5,48 cmolc kg-1 cmolc/kg, respectivamente. A ocorrência de valores altos discrepantes desse elemento fez com que o histograma de freqüência (Figura 1e) apresentasse assimetria à esquerda, no sentido dos mais baixos teores. Mesmo assim, considerando o que preconiza Raij (1981), que 2 a 3 cmolCa kg-1 de terra é adequado para o desenvolvimento das culturas, pode-se afirmar que no solo da ilha de Picos, praticamente não existe deficiência deste elemento para as plantas.

Também para o Mg os valores da média e da mediana são praticamente iguais (1,88 e 1,83 cmolc/kg, cmolc kg-1 respectivamente); no entanto, como mostra a figura 1f, a assimetria dos dados foi muita discreta. Teor de 0,4 cmolMg kg-1de terra é considerado suficiente para a maioria das culturas e um teor de 0,8 cmolc kg-1de terra é considerado alto (Raij, 1981), o que, com base nos dados apresentados no histograma de freqüência, é possível afirmar que, na maior parte das amostras de terra analisadas não há deficiência de Mg.

Da mesma forma, os valores da média (0,92 cmolc kg-1) e mediana (0,82 cmolc kg-1) para o H + Al foram semelhantes e o fato da moda dos dados ter sido o valor zero, contribuiu para que a assimetria à esquerda, neste caso, fosse mais acentuada (Figura 2b). Esses dados estão de acordo com a variação do pH, ou seja, a presença de H + Al foi constatada apenas nas áreas que apresentam determinado grau de acidez.

De acordo com Mello (1985), os valores da soma de bases (S) presentes no solo da ilha de Picos variaram de médio a alto, predominando, de acordo com a média e mediana, valores altos (Figura 2a). Conforme o mesmo autor, os valores da capacidade de troca catiônica (CTC) variaram de baixo a alto, predominando valores médios (5,1 – 15 cmolc kg-1) (Figura 2c). Com base nestes dois parâmetros pôde-se calcular a porcentagem de saturação por bases (V%) e constatar que em toda a área estudada o solo se apresenta como eutrófico, ou seja, V% acima de 50 (Figura 2d).





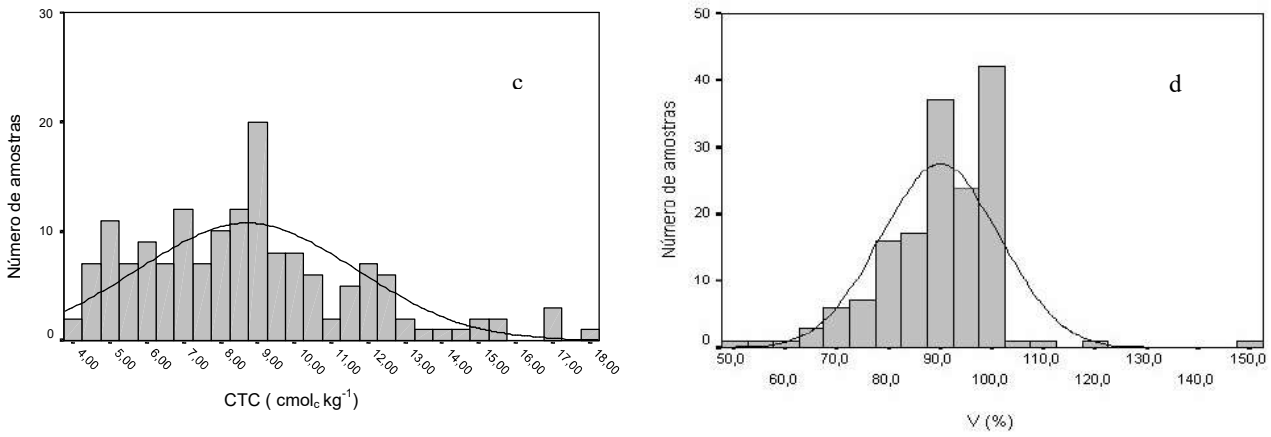


Figura 2. Soma de Bases (B) (a), Hidrogênio mais Alumínio (H+Al) (b), Capacidade de Troca Catiônica (CTC) (c) e Porcentagem de Saturação por Bases (V%) (d) no solo Aluvial da ilha de Picos.

Os valores de coeficiente de variação para as variáveis medidas, segundo Warrick e Nielsen (1980), revelaram-se altos para o P, MO e H + Al concordando com Souza et al. (1998) e Silva (2001). Os valores de CV para o K, Ca, Mg, S, CTC e V% foram classificados como médios, da mesma forma que foi encontrado por Santos e Vasconcelos (1987) e Silva (2001). O pH foi o que apresentou menor variância, estando de acordo com Santos e Vasconcelos (1987), Souza et al. (1997), Salviano et al. (1998), Oliveira et al (1999) e Silva (2001). Uma das causas dos altos coeficientes de variação da MO e do P pode estar relacionada aos antigos depósitos de materiais orgânicos trazidos pelas águas de inundação do Rio São Francisco, na época das cheias. De acordo com Souza et al. (1998) e Salviano et al. (1998), essa variabilidade, como a do K, também pode ser atribuída, em parte, à aplicação localizada de fertilizantes e ao efeito residual da adubação.

Os valores de curtose variaram de -0,05, para o Ca até 59,50, para a MO. O fato do valor de curtose estar próximo a 3 e os valores da média e mediana serem iguais, ou muito próximas, é um indício de que os valores experimentais apresentam distribuição normal (Spiegel, 1985). Com base nesta premícia e considerando os dados apresentados na tabela 1, se poderia supor que algumas propriedades químicas apresentassem distribuição normal, no entanto isto não foi confirmado pelo teste KS, ou seja, este teste não foi significativo para nenhuma das propriedades químicas analisadas. Na prática isto significa dizer que os valores das médias encontrados para as respectivas propriedades não podem ser considerados para o cálculo de insumos agrícolas para a área como um todo. Se eles fossem considerados, alguns locais na área em estudo receberiam quantidades de insumo maiores ou menores do que o necessário devido os dados não apresentarem distribuição normal.

4 - CONCLUSÕES

As maiores variabilidades foram observadas para o P, MO e H + Al tendo sido observada menor variabilidade para o pH.

O solo Aluvial da ilha de Picos é um solo eutrófico e apresenta-se com média fertilidade sendo necessário o seu ajuste no que diz respeito aos teores de K, P e MO, de acordo com as exigências das culturas a serem implantadas. A correção da reação do solo deve ser feita apenas em alguns locais da ilha, uma vez que, no geral, se mostrou adequada.

5 - AGRADECIMENTO

À Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco - CODEVASF, 3ª Superintendência Regional, pelas informações concedidas a respeito da área em estudo.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAVALCANTI, F. J.A.; MESSIAS, A. S.; SILVA, M. C. L.; MORAES, E. J. F. & LIRA, L. R. B. Avaliação da Fertilidade dos solos de

Pernambuco: Resultados de 1998. In: Congresso Brasileiro de Ciência de Solo, 27, 1999, Brasília. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999, CDRom.

COELHO, M. G. Variabilidade espacial de características físicas e químicas em um solo salino-sódico. Ciência Agronômica, v. 14, p. 149-156, 1983.

COSTA NETO, P.L.O. Estatística. 15. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1997. 468p.

EMATER. Sugestões de adubação para o Estado da Paraíba; 1º aproximação. João Pessoa: EMATER-PB, 1979.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

LeCLERG, E.L.; LEONARD, W.H.; CLARK, A.G. Field plot technique. Minneapolis, Burgess, 1962. 373p.

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MELLO, F.A.F; SOBRINHO, M.O. C.B.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R.I.; NETO,A.C.; KIEHL, J.C. Fertilidade do solo. 3ed. São Paulo: Nobel, 1985, 400p.

OLIVEIRA, J.J.; CHAVES, L.H.G.; QUEIROZ, J.E. ; LUNA, J.G.de. Variabilidade espacial de propriedades químicas em um solo salino-sódico. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.23, p 783-789, 1999.

RAIJ, B.van. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato: Instituto Internacional da Potassa, 1981. 142p.

SALVIANO, A.A.C.; VIEIRA, S.R.; SPAROVEK, G.Variabilidade espacial de atributos de solo e de Crotalaria juncea L. em área severamente erodida. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.22, p.115-122, 1998.

SANTOS, R.V. & VASCONCELOS, C.A. Determinação do número de amostras de solo para análise química em diferentes condições de manejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 11, p. 97-100, 1987.

SILVA, P.C.M. Avaliação e variabilidade espacial de propriedades químicas do solo da "Extensão Maria Tereza" – Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, Petrolina-PE. Campina Grande, 2001. 104p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba.

SOUZA, L. S.; COGO, N.P.; VIERA, S.R. Variabilidade das propriedades físicas e químicas do solo em pomar de citros. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 21, p 367-372, 1997.

SOUZA, L. da S.; COGO, N. P.; VIEIRA, S.R.Variabilidade de fósforo, potássio e matéria orgânica no solo em relação a sistemas de manejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.22, p.77-86, 1998.

SPIEGEL, M.R. Estatística. 2. ed. São Paulo: McGraw Hill, 1985, 454p

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties the soil. In: HILL, D. (Ed.) Aplications of soil Physics. New York: Academic Press, 1980. cap.13, p. 319-344.

1-Profa. Titular DEAG/CCT/UFCG.
E-Mail: lhgarofalo@hotmail.com
2-Prof. DSER/CCA/UFPB.
E-Mail: iedebchaves@hotmail.com
3-Doutorando em Engenharia Agrícola, CCT/UFCG
4-Doutoranda em Solos e Nutrição de Planta, ESALQ/USP. E-mail: ana3carol@aol.com

ibai-publishing
Prof. Dr. Petra Perner
Fabrikstraße 10
04617 Fockendorf, Germany
E-mail: info@ibai-publishing.org

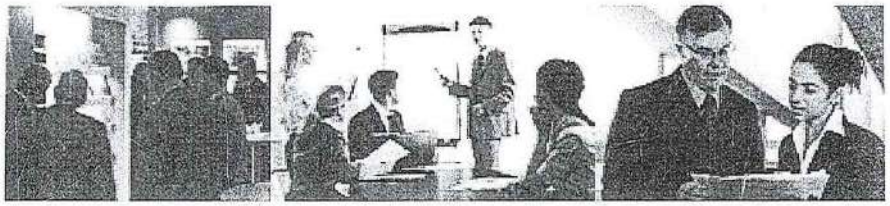
www.ibai-publishing.org

ISSN 1864-9734
ISBN 978-3-942952-05-7

Advances in Data Mining, Workshop Proceedings
er and Georg Ruß (Eds.)

Petra Perner and Georg Ruß (Eds.)

Advances in Data Mining



11th Industrial Conference, ICDM 2011
New York, USA, August/September 2011

Workshop Proceedings

Workshop on Case-Based Reasoning
Workshop on Data Mining in Agriculture
Workshop on Data Mining in Marketing

Petra Perner and Georg Ruß (Eds.)

Advances in Data Mining

11th Industrial Conference, ICDM 2011
New York, USA, August/September 2011
Workshop Proceedings

Workshop on Case-Based Reasoning
Workshop on Data Mining in Agriculture
Workshop on Data Mining in Marketing

ibai Publishing
www.ibai-publishing.org

ibai-publishing
Prof. Dr. Petra Perner
Fabrikstraße 10
04617 Fockendorf, Germany
E-mail: info@ibai-publishing.org
http://www.ibai-publishing.org

Copyright © 2011 ibai-publishing, Fockendorf
ISSN 1864-9734
ISBN 978-3-942952-05-7

All rights reserved.

Printed in Germany, 2011.

Preface

This is the eleventh event of the Industrial Conference on Data Mining ICDM held in New York (www.data-mining-forum.de) running under the umbrella of the Worldcongress "The Frontiers in Intelligent Data and Signal Analysis, DSA2011".

For this edition the Program Committee received 104 submissions. After the peer-review process, we accepted 33 high-quality papers for oral presentation from these are 24 included in the Springer proceeding book. The topics range from theoretical aspects of Data Mining to Applications of Data Mining such as, on Multimedia Data, in Marketing, Finance and Telecommunication, in Medicine and Agriculture, and in Process Control, Industry and Society. Extended versions of selected papers will appear in the *International Journal Transactions on Machine Learning and Data Mining* (www.ibai-publishing.org/journal/mldm).

Fourteen papers have been selected for poster presentations and five for Industry paper presentation that are published in the *ICDM Poster and Industry Proceeding* by *ibai-publishing* (www.ibai-publishing.org).

In conjunction with ICDM are running four workshops facing on special hot application-oriented topics in data mining: Data Mining in Marketing DMM, Data Mining in LifeScience DMLS, the Workshop on Case-Based Reasoning for Multimedia Data CBR-MD, and the Workshop Data Mining in Agriculture DMA. Eleven workshop paper are included in this *ICDM workshop proceedings* published by ibai-publishing (www.ibai-publishing.org).

A tutorial on Data Mining and a tutorial on Case-Based Reasoning are held before the conference.

We are pleased to announce that we will give out the best paper award for ICDM fivest time this year. There are four announcement mentioned at www.data-mining-forum.de. The final decision will made by the Best Paper Award Committee based on the presentation by the authors and the discussion with the auditorium. The ceremony will take place at the end of the conference. This price is sponsored by ibai solutions (www.ibai-solutions.de) one of the leading data mining companies in data mining for marketing, web mining and E-Commerce.

The conference will be round up by an outlook about new challenging topics in data mining before the Best Paper Award Ceremony.

We also thank members of Institute of Applied Computer Sciences, Leipzig, Germany (www.ibai-institut.de) who handed the conference as secretariat.

Last, but not least, we wish to thank all the speakers and participants who contributed to the success of the conference. See you in 2012 in Berlin to the next Worldcongress "The Frontiers in Intelligent Data and Signal Analysis, DSA2012" (www.worldcongressdsa.com) that combines under his roof the three International Conferences Machine Learning and Data Mining MLDM; the Industrial Conference on Data Mining ICDM, and the International Conference on Mass Data Analysis of Signals and Images in Medicine, Biotechnology, Chemistry and Food Industry MDA.

August, 2011 Petra Perner

Table of Contents

Workshop Case-Based Reasoning 1

A Comparison Between CBR and MLC in Order to Indentify Aquaculture Area from a Costal Image
Liu Peng and Du Yunyan 5

Case Selection Evaluation Methodology
Jose M. Juarez, Eduardo Lupiani, and Jose Palma 17

A Case-Based Retrieval System for Post-Operative Pain Treatment
Mobyen Uddin Ahmed and Peter Funk 30

A Case-Based Driver's State Monitoring System Using Physiological Sensor Signals
Shahina Begum 42

A First Note on the Problem of Normalization and a Normalized Similarity Measure by Online Data
Anja Attig and Petra Perner 55

Workshop Data Mining in Agriculture 69

Meteorological Data Mining: a Case Study in the Brazil Semi-Arid
Jarbas Nunes Vidal Filho, Artur Luiz Torres de Oliveira, Paulo Cesar Moura da Silva, Rafael Castelo Guedes Martins, Danniel Cavalcante Lopes, Angélica Félix de Castro 73

HACC-spatial: Hierarchical Agglomerative Spatially Constrained Clustering
Georg Ruß 80

Recent Developments in Data Mining and Agriculture
A. Mucherino and G. Ruß 90

$T_{i,k}$	5,9	4,5	5,8	5,9	5,9	5,9
$\mu_{i,k}$	3,7580	3,8000 (Median: 4,5000)	3,7400	3,7400	3,7733	3,7473
$\sigma_{i,k}$	1,7653	1,83056769	1,7884	1,7676	1,7968	1,7716
Number of nonclassified data $x \in N_{k+1} / N_k$	-	2 Setosa_14 Virginica_19	1 Setosa_23	0	0	-
$p_{x,i,k}$	-	=2/15=0,133	=1/30=0,033	0	0	-

PETALWI	Iris	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5
$\lvert N_k \rvert$	150	15	30	60	105	150
$x_{\min,i,k}$	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$x_{\max,i,k}$	2,5	2,3	2,3	2,5	2,5	2,5
$T_{i,k}$	2,4	2,2	2,2	2,4	2,4	2,4
$\mu_{i,k}$	1,1993	1,2867 (Median: 1,5000)	1,2233	1,2317	1,2152	1,2140
$\sigma_{i,k}$	0,7622	0,85880787	0,7981	0,7884	0,7922	0,7830
Number of nonclassified data $x \in N_{k+1} / N_k$	-	0	3 Virginica_37 Virginica_41 Virginica_45	0	0	-
$p_{x,i,k}$	-	0	3/30=0,1	0	0	-

Workshop Data Mining in Agriculture DMA 2011

Workshop Chair

Georg Ruß	Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Germany

Workshop Committee

Alexander Brenning	University of Waterloo, Waterloo, Canada
Warwick Graco	Australian Taxation Office, Canberra, Australia
Ernesto W. De Luca	TU Berlin, Germany
Gonzalo Pajares Martinsanz	University Complutense of Madrid, Spain
Antonio Mucherino	CERFACS, Toulouse, France
Allan Tucker	Brunel University, London, UK

Meteorological Data Mining: a Case Study in the Brazil Semi-Arid.

Jarbas Nunes Vidal Filho[1], Artur Luiz Torres de Oliveira[2], Paulo Cesar Moura da Silva[3], Rafael Castelo Guedes Martins[3], Danniel Cavalcante Lopes[3], Angélica Félix de Castro[3].

[1] UFERSA – Undergraduate Student
[2] UFERSA – Master Student
[3] UFERSA – Professor

jarbasfito@hotmail.com, tuca_jampa@hotmail.com, {paulo.moura, rcastelo, danniel, angelica} @ufersa.edu.br

Abstract. The objective of Data Mining is to extract information from complex database. The discovery of patterns and information is an important gain. This paper presents an analysis of meteorological data using the WEKA software and data mining algorithm J48. From a database with attributes as pressure, altitude and temperature collected by weather balloons. This paper shows, through data mining algorithm, the relationship between these attributes when there is a change in altitude of the balloons that were released into the air.

Keywords: Meteorological data mining, WEKA, database.

1 Introduction

One of the major sources of resources of Brazil comes from the agriculture production [1]. This statement can be proven just observing the amount of resources that the Brazilian government has allocated to this sector of the economy. Researchers, farmers, businessmen from the Rio Grande do Norte State, look for to gather information that could improve the production gain in a culture. Meteorological data such as rainfall, humidity and temperature can influence on this culture.

However, with accelerating climate change, researches in agro meteorology have noted that there may be changes at the agricultural production capacity [1]. Information stored by experts may be important to help farmers to predict what will happen to their harvest and improve the gain, since that such data are properly analyzed. On the other hand, the amount of meteorological data collected by various types of sensors has grown every year, requiring the use of data analysis tools more robust and efficient.

Data mining is a computing area that has grown in recent years. Their main goal is the exploration of large amounts of information stored in databases to find patterns [2]. Government, corporate and scientific areas have promoted a growth in its

databases, overcoming the usual ability to interpret and examine the data, creating the need for new tools and techniques for automatic analysis and intelligent databases [3].

Data Mining detects the "expected" and discover the "unexpected", extracting information from a large data set, in order to reach knowledge not previously anticipated. Nowadays, in the commercial arena, companies are giving even greater value to their databases, because they know the market and stand out stand out those who can get more knowledge about their customers. Research on Data Mining started due the need for adaptation or creation of tools and techniques for analyzing large volumes of data, made possible by the growing capacity of generation and data storage that increases day by day. This volume, by itself, it is an obstacle to the analysis, which is added by the requirement of high processing capacity.

On the agricultural area, data mining can be used, for instance, to determine the behavior of productivity of a harvest, depending on the physicochemical properties of soil [4], to check climate change or visualize future scenarios of climate. In this context, this paper aims to use data mining techniques to extract meteorological information that would assist producers in planting their harvest.

2 Objectives

In the literature is possible to find several documents related to mining and use of meteorological data in different countries [5] [6]. The purpose of this study was to apply a data mining algorithm in a database collected by radiosondes attached to weather balloons (Fig. 1). The radiosondes were performed in period of 08 to 18 April 2011 in the synoptic time 03h, 09h, 15h and 21h (local time). Each radiosonde takes about 2 hours and during the ascent of the balloon every 2 seconds, the pressure data are collected, relative humidity, temperature, wind speed and direction. These measurements were performed in the context of the *CHUVA* Project in Rural Federal University of Semi-Arid (*UFERSA*) in Mossoró-RN, Brazil. Among other objectives, the data from this experiment can provide information relevant to agriculture, establishing relationships between the variables collected by weather balloons.

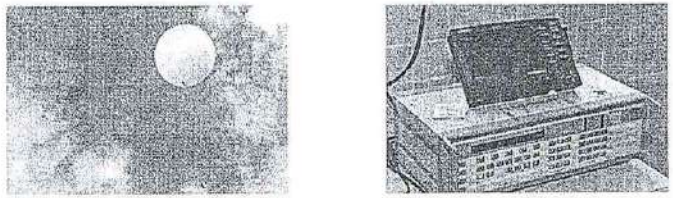


Fig. 1. Weather balloons used at the experiments.

To achieve our objective it was necessary to perform the steps in the KDD (Knowledge Discovery in Databases). KDD is a process, not trivial, to extraction of implicit information, previously unknown and potentially useful from the data stored in a database. The KDD process contains a series of steps to be followed: selection,

pre-processing and cleaning processing, data mining, interpretation and evaluation. The Data Mining in KDD is the step responsible for the selection of methods to be used to find patterns in data, then search for patterns of interest and for the best fit parameters of the algorithm for the task [7]. This being the most important part of this work.

3 Methodology

At the development of this research was used a database from one weather balloon for a total of thirty-nine balloons, which were used to collected data. In this work we used as parameters to the data mining variables temperature, pressure and altitude of a radiosonde.

Due to lack of data formatting, it was necessary to use the LOAD Oracle tool, in order to this data be imported into a DBMS table. After that, we generated script's SQL and PL / SQL to design the ARFF file. The generated file has been imported into the WEKA (Waikato Environment for Knowledge Analysis), which were used the J48 algorithm to perform the analysis on the three quantities mentioned above.

Analyses were made on two approaches: the first was held in the relationship between temperature and altitude and the second was held in the relationship between pressure and altitude. In both tests we used the same algorithm using a graphical tree to view the results.

4 Results and Discussion

The atmosphere can be represented in terms of various meteorological parameters. The average structure of the atmosphere can be set in an altitude range that goes from 0 to 80 km and has a default behavior of pressure and temperature as it passes through the layers that compose it. It is noteworthy that above 25 km altitude there is hardly more relevant meteorological phenomena.

The average behavior of pressure and temperature according to altitude may be related by equations (1) and (2). Where P is the pressure, T is temperature and Z is the altitude [8].

$$P = 760 \times \left(1 - \frac{0.0065 \times Z}{288}\right)^{5.2568} \quad (1)$$

$$T = 15 - 0.0065 \times Z \quad (2)$$

In this first study, we used data up to 23 km of altitude, but to evaluate the behavior of the data, the altitude range used varied in a range of 500 meters starting at 38 meters and ending at 5,000 meters. Fig 2 shows the first analysis - generated by WEKA - when comparing the altitude with temperature.

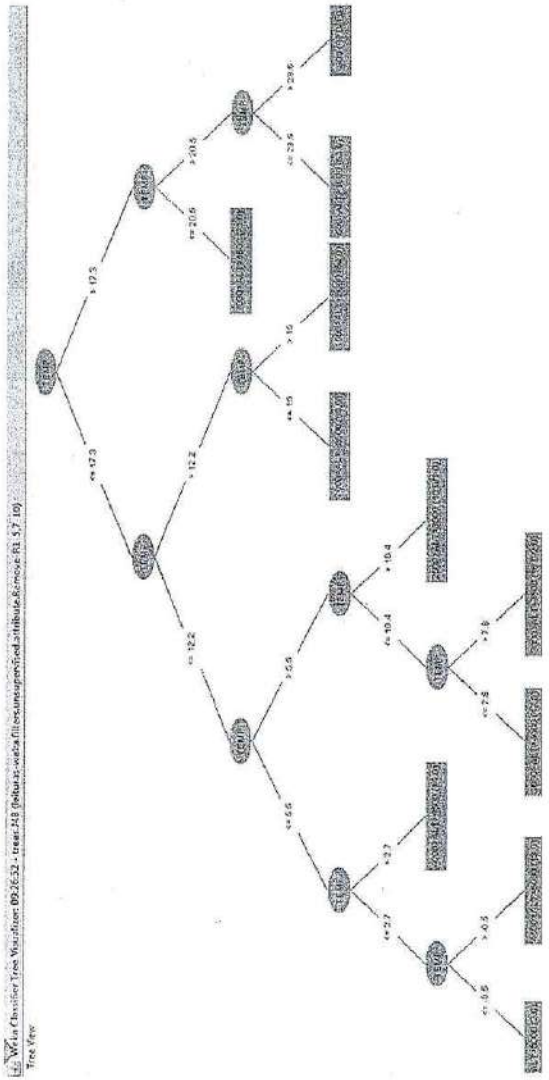


Fig. 2. Behavior analysis of temperature as the altitude varies

As was used as an altitude range between 38 and 5,000 meters, was obtained in this range, temperatures from 23.6° to -0.5°. The mining algorithm was started at the first node performing a subdivision for temperature less than or equal to 17.3° and greater than 17.3°, it is noteworthy that the technique of the J48 algorithm that performs this division is arbitrarily.

In the second node were defined other intervals, where it is possible to see that temperatures above 17.3° and less than or equal to 20.5° appear in an altitude between 1,000 and 1,500 meters, while at temperatures higher than 20.5°, the altitude decreases. Looking at the left side of the tree, from Fig. 2, it is possible to see the range of higher altitudes, therefore the lowest temperatures are observed; as the lower the temperature of each node, biggest is the altitude. Therefore, in each node there is a subdivision that relates the same value if more or less equal, and if traverse the tree by the minor signal value will be found a range with values higher altitudes, and if traverse with higher signal values of temperature will find a range with higher elevations. Fig. 3 shows the first analysis, generated by WEKA - when comparing with the pressure altitude.

Analyzing the Fig. 3 it is possible to see that the behavior of pressure was varied with the altitude. As stated previously, was defined a range from 38 to 5000 meters altitude, where the pressure recorded was 1005.0 hPa at the initial point of the range and 552.5 hPa in the final. On the tree's left side were generated several subdivisions, if in each subdivision node was traversed a node with low pressure, the tree will show the highest altitudes, however if was traversed the tree nodes with value greater pressure, the altitude will decreasing.

Thus, applying the results of the WEKA tool in equations (1) and (2) and comparing the data measured by the radiosonde, we found that the algorithm behaved satisfactorily in a meteorological database. It appears that each subdivision of the tree on the analysis of temperature with altitude or pressure with altitude, for values of pressure and lower temperatures can be displayed a larger range of values for altitude and for each subdivision of the tree on the analysis of temperature with altitude or pressure with altitude, for values of pressure and high temperatures, can be viewed on a range of values for the lower altitude.

5 Conclusions and Suggestions

Although the literature we can find equations that can describe the behavior of temperature and pressure with altitude, how these parameters relate depend on empirical coefficients present in the equations, which vary from one region to another, for example, the lapse rate that is defined as the rate of decrease with height for an atmospheric variable. In this way, the equations in the literature will describe approximately the behavior of meteorological variables. Thus, the technique of data mining is presented as an important tool to analyze and detect patterns among the variables temperature, pressure and time due to the fact there is no need of calibration equations with coefficients specific to the region of study.

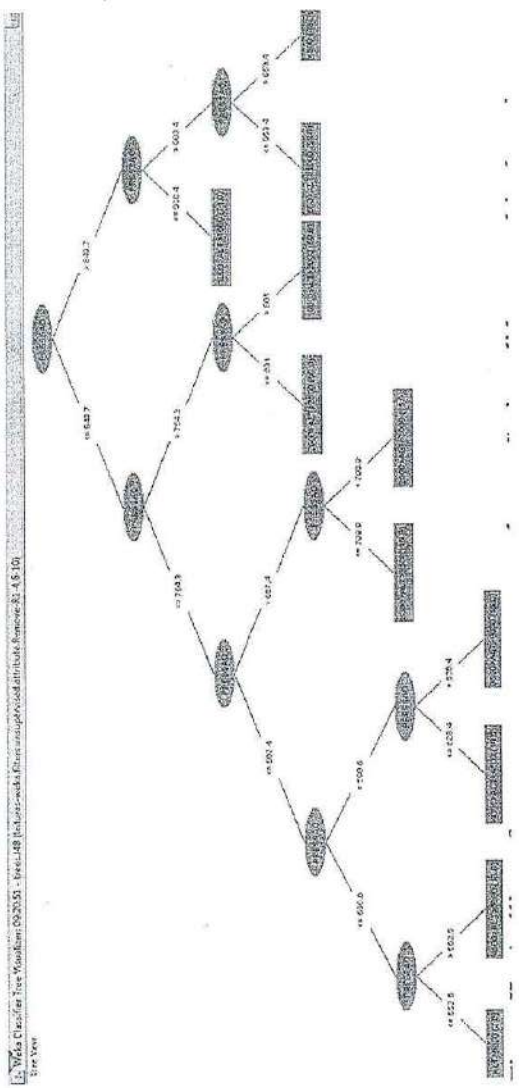


Fig. 3. Behavior analysis of pressure as the altitude varies

So in future work would be examined the behavior of other balloons that are available, and compared with the first balloon collected, because as the data from the balloons were collected in different days, with or without rain, during the day or overnight there may be behaviors unexpected in these data, that should be analyzed.

Acknowledgement

The authors thank the *CHUVA* Project (*FAPESP* 2009/15235-8) for financial support and the Rural Federal University of Semi-Arid (*UFERSA*) for logistical support.

References

1. Chino, D. Y. T., Romani, L. A. S., Traina, A. J. M.: Extração de Séries Temporais de Imagens de Satélite para Monitoramento de Safras Agrícolas e de Dados Climáticos. In: CTIC - XXIX Concurso de Trabalhos de Iniciação Científica da SBC, pp. 08p. (2010)
2. Tan, P.N., Steinbach, M, Kumar, V.: Introduction to Data Mining. (first edition), Addison Wesley (2005)
3. Fayyad, U. M., Piatesky-Shapiro, G., Smyth, P.: From Data Mining to Knowledge Discovery: An Overview. In: Advances in Knowledge Discovery and Data Mining, pp. 1-34, AAAI Press. (1996)
4. Guimarães, A. M., Vriesmann, L. M., Canteri, M. G., Cataneo, A., Molin, J.P.: Desenvolvimento de um algoritmo genético para mineração de dados na agricultura de precisão. In: Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão, 2. (2002)
5. Romani, L. A. S., Traina, A. J. M., Traina Jr. C., Chbeir, R., Avila, A.M.H., Jullo Jr., J.: CLEAR Miner: A New Algorithm for Mining Association Patterns on Heterogeneous Time Series from Climate Data. In: 25th ACM Symposium on Applied Computing, pp. 900-905, Sierre - Switzerland. (2010)
6. Yang, G. Y., Ping. R. N.: Data mining and analysis of our agriculture based on the decision tree. In: Computing, Communication, Control, and Management. ISECS International Colloquium on, vol.2, pp.134-138 (2009)
7. Silva, M. P. S.: Mineração de Dados: Conceitos, Aplicações e Experimentos com Weka. In: Escola Regional de Informática Rio das Ostras, RJ. Livro da Escola Regional de Informática RJ - ES. http://bibliotecadigital.sbc.org.br/download.php?paper=35 (2010)
8. Wallace, J.M., Hobbs, P.V.: Atmospheric Science: An Introductory Survey (Second Edition), Academic Press (2006)

Revista Brasileira de Geografia Física

ISSN:1984-2295

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Utilização de Geotecnologias na Determinação de Áreas Susceptíveis a Desertificação no Estado do Rio Grande do Norte

Joel Medeiros Bezerra[1], Paulo Cesar Moura da Silva[2], Carlos Thiago da Silveira Lopes Morais[3], Rafael Oliveira Batista[2]

[1]Mestrando em Engenharia Agrícola pela UFRPE, Departamento de Tecnologia Rural - DCAT, [2]Prof. Dr. Adjunto, UFERSA, Departamento Ciências Ambientais e Tecnológicas – DCAT, [3]Bacharel em Engenharia Agrícola & Ambiental pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, DCAT

Artigo recebido em 15/08/2011 e aceite em 10/09/2011

R E S U M O

O combate à desertificação é uma das questões importantes nos dias atuais e insere-se na pauta das discussões científicas como um dos grandes problemas ambientais vinculado à deterioração do ambiente no semi-árido. A dependência econômica da terra e de seus recursos naturais, num ecossistema com baixa capacidade de recuperação e mediante a utilização de práticas inadequadas de manejo, em razão das atividades exploratórias desordenadas e/ou intensivas, pode conduzir uma região a um grave cenário de degradação ambiental, desencadeando processos de desertificação. A partir do trabalho realizado pelo Centro de Sensoriamento Remoto do IBAMA e o MMA - Ministério do Meio Ambiente - elaborou-se o Mapa de Suscetibilidade Ambiental do Brasil, servindo como ferramenta para avaliação ambiental para balizar as futuras tomadas de decisões. Neste sentido, o presente trabalho tem por objetivo analisar e identificar por meio da técnica de espacialização, apontando as áreas propícias ao processo de degradação ambiental, resultando na desertificação no Estado do RN. Utilizando-se das ferramentas computacionais SIG ArcView 3.2.0 e SPRING 5.1, adotando como subsídio os principais indicadores de desertificação elencados pelo MMA e IBAMA, além de enquadrar as atividades antrópicas relacionadas ao processo de desertificação à legislação ambiental brasileira em vigor. Para tanto foram estruturados cenários para verificar as possibilidades da evolução do processo de desertificação e identificação de possíveis áreas propícias a formação de núcleos desérticos, utilizando-se metodologia de projeção de dados espaciais e adotando um padrão de sistematização das informações comuns a todos os indicadores. Os resultados indicaram que os indicadores são significativos no estado do Rio Grande do Norte e que existem cerca de 1.011.000 Hectares propícios ao processo de desertificação. Os municípios inseridos em tais áreas estão propensos a problemas econômicos, ambientais, sociais e de saúde pública.

Palavras-Chave: Ambiente, indicadores, legislação ambiental, Semi-Árido.

Geotechnology Use of Determination of Areas Susceptive Desertification in State of Rio Grande Do Norte

A B S T R A C T

Combating desertification is an important issue today and is part of the scientific agenda for discussion as one of the great environmental problems linked to environmental degradation in semi-arid. The economic dependence of the earth and its natural resources in an ecosystem with low resilience and through the use of inappropriate management practices, due to the exploratory activities disordered and / or intensity, a region can lead to a scenario of severe environmental degradation , triggering desertification processes. From the work done by the Center for Remote Sensing of MMA and IBAMA - Ministry of the Environment - was drawn up Environmental Susceptibility Map of Brazil, serving as a tool for environmental assessment in gauging future decision-making. In this sense, this paper aims to analyze and identify through the technique of spatial analysis, identifying the areas prone to environmental degradation, resulting in desertification in the state of the RN. Using computational tools 3.2.0 and ArcView GIS SPRING 5.1, taking as input the key indicators of desertification listed by MMA and IBAMA, as well as framing human activities related to the process of desertification Brazilian environmental legislation in force. For both scenarios were structured to verify the possibilities of evolution of the desertification process and identify possible areas for the formation of desert cores, using this methodology of spatial data and adopting a standard classification of the information common to all indicators. The results indicated that the indicators are significant in the state of Rio Grande do Norte and that there are about 1,011,000 hectares conducive to the process of desertification. The municipalities included in such areas are prone to economic, environmental, social and public health.

Keywords: Environmental indicators, environmental law, semi-arid.

* E-mail para correspondência: joel_medeiros@oi.com.br (Bezerra, J. M.).

1. Introdução

O uso inadequado dos recursos naturais contribui para a degradação do bioma Caatinga, sendo freqüente o aparecimento de áreas em processo de desertificação. Os registros bibliográficos caracterizam a desertificação como um fenômeno de transformação de terras com potencial produtivo em terras inférteis. Esse fenômeno ocorre em regiões de climas Árido, Semi-Árido e Sub-Úmido Seco.

A desertificação pode ser um processo natural, o que a torna difícil de ser evitada. As áreas brasileiras desertificadas apresentam características geoclimáticas e ecológicas que favorecem a aceleração do processo, tais como: as condições edafóclimaticas, a distribuição irregular da precipitação espaço temporal, áreas frágeis ou susceptíveis a desertificação e vegetação dispersa.

Entretanto, as causas mais freqüentes da desertificação estão associadas ao uso inadequado do solo e da água, ao desenvolvimento de atividades agropecuárias, de mineração, de irrigação mal planejada ou mal executada e ao desmatamento indiscriminado com ou sem queimadas, exploração agropastoril de forma descontrolada dos recursos naturais, ausência de técnicas de manejo, além do desrespeito ao uso e aptidão das terras agrícolas, sendo todas relacionadas à ações antrópicas, propiciando o dispêndio dos recursos naturais, gerando impactos ambientais adversos em diversas escalas. Tal como a contribuição para o aquecimento global com a potencialização da taxa de reflexão dos raios solares que atingem a superfície sem cobertura vegetal.

Os especialistas salientam também que, no mundo como um todo, nas áreas suscetíveis à desertificação e à seca, há coincidências do ponto de vista sócio-econômico, com a existência de bolsões de pobreza dos países do Terceiro Mundo, onde a baixa produtividade agrícola e a má qualidade de vida resultante esboçam um quadro dramático.

Esse processo vem inviabilizando a produção anual de cerca de seis milhões de hectares (60 mil km²), devido ao pastoreio intensivo, a salinização dos solos irrigados e o uso intensivo e manejo inadequado da água disponível na agricultura. Nas áreas onde ocorrem os impactos difusos, os danos ambientais produzidos resultam em erosão dos solos, empobrecimento da caatinga e degradação dos recursos hídricos, com efeitos diretos sobre a qualidade de vida da população (Valladares; Faria; 2004).

Diante deste panorama, a comunidade internacional colocou em debate a desertificação e seus efeitos ambientais, sociais e econômicos. No ano de 1977, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA realizou a 1ª Conferência Mundial de Combate a Desertificação formalizando a abrangência da desertificação. O grande objetivo da Conferência foi traçar, no âmbito mundial, o Plano de Ação de Combate à Desertificação –

PACD (Nimer, 1980), que gerou com seus estudos preliminares o Mapa Mundial da Desertificação. Na ocasião, a desertificação foi definida como: intensificação ou a extensão de condições desérticas, marcadamente liderada pela redução da produtividade biológica com a conseqüente redução de biomassa vegetal, em áreas de pastagens, campos de cultivos e ocupação humana (UNCOD apud Jesus, 2006).

Mediante estas ações, após 15 anos do PACD, a **Eco 92 ou RIO-92** (a Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento e Meio Ambiente), abordou, entre outros temas de relevância ambiental, a desertificação, que consta na Agenda 21 – documento oficial da Conferência – no seu capítulo 12 cuja definição é reformulada sobre novos parâmetros, em seguida traçando como objetivo principal das nações o Desenvolvimento Sustentável do Planeta, bem como a elaboração de uma Convenção para o Combate a Desertificação. Nessa Convenção foram elaborados estudos sobre os principais problemas decorrentes da desertificação e suas causas, além de criar a **C**onvenção para o **C**ombate à **D**esertificação (CCD), atendendo ao capítulo 12 da agenda 21, "manejo de ecossistemas frágeis: a luta contra a desertificação e a seca".

Dentre as causas da desertificação listadas pela Convenção de Combate a Desertificação (CCD) encontra-se o uso intensivo e inadequado do solo em regiões de ecossistemas frágeis, com baixa capacidade de recuperação, que resultam na salinização de solos pela irrigação mal planejada. O sobre-pastoreio, o desmatamento, o esgotamento do solo e dos recursos hídricos, além do manejo inadequado das atividades agropecuárias são fatores que agravam o problema.

Além de tornar a região vulnerável à seca, causando prejuízos diretos a agricultura e a pecuária com perdas sensíveis para a economia dos locais atingidos, a desertificação causa perda da biodiversidade, perda dos solos por erosão e diminuição dos recursos hídricos levando ao abandono das terras pela população, que migra para as cidades gerando outro problema: o aumento dos problemas ambientais e sócio-econômicos urbanos.

A Convenção da Organização das Nações Unidas para o combate á Desertificação conceitua a desertificação como o "processo de degradação das terras das regiões áridas, semi-áridas e subúmidas secas, resultante de diferentes fatores, entre eles as variações climáticas e as atividades humanas", sendo a degradação de terras definida da seguinte forma (Conti, 2008):

- Degradação dos solos e dos recursos hídricos;
- Degradação da vegetação e da biodiversidade (fauna e flora);
- Redução da qualidade de vida da população afetada.

No Brasil, o Plano Nacional de Combate a Desertificação – PNCD, foi

elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) e por uma coordenação técnica composta pelo **P**rograma das **N**ações **U**nidas para o **D**esenvolvimento – PNUD, órgãos ambientais federais e estaduais. O Ministério do Meio Ambiente, criado em novembro de 1992, tem como missão promover a adoção de princípios e estratégias para o conhecimento, a proteção e a recuperação do meio ambiente, o uso sustentável dos recursos naturais, a valorização dos serviços ambientais e a inserção do desenvolvimento sustentável na formulação e na implementação de políticas públicas, de forma transversal e compartilhada, participativa e democrática, em todos os níveis e instâncias de governo e sociedade (MMA, 1998).

Em 2004, o programa nacional de ação de combate à desertificação**,** foi concluído, agora intitulado PAN – Brasil (**P**rograma de **A**ção **N**acional) inclui em seu contexto, todo o conhecimento e experiências geradas pela sociedade civil organizada, no intuito de consolidar instrumentos de convivência com o Semi-Árido. Tendo como objetivo principal estabelecer diretrizes, instrumentos legais e institucionais que permitem otimizar a formulação e execução de políticas públicas e investimentos privados nas áreas susceptíveis a desertificação, promovendo a mitigação e o Desenvolvimento Sustentável (PAN-Brasil, 2004).

A fragilidade ambiental, aliada a fatores antrópicos, pressionada por situações de pobreza e baixos níveis tecnológicos, gera a degradação do ambiente para a sobrevivência humana e a sustentabilidade ambiental, ocorrendo dentro de um ciclo danoso aos ecossistemas. Na tentativa de combater os aspectos negativos do mesmo, as autoridades desenvolveram vários dispositivos legais (Jesus, 2006).

Dentre eles a Política Nacional de Meio Ambiente, prevista na lei Nº 6.938/81, que tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade humana (BRASIL, 1981). De acordo com o art. 9º, § 2º, o zoneamento ambiental é previsto como um de seus instrumentos.

Visto a importância da preservação da qualidade ambiental e da manutenção do equilíbrio ecológico, foi decretada em 2002 a lei Nº 4.297, que estabelece critérios e princípios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil, cujo objetivo geral é organizar, de forma integrada, as decisões dos agentes públicos e privados quanto a planos, programas, projetos e atividades que, direta ou indiretamente, utilizem recursos naturais, assegurando a plena manutenção do capital e dos serviços ambientais dos ecossistemas.

Segundo Egler et al. (2003), o zoneamento ambiental é um instrumento político e técnico de planejamento, cuja finalidade é otimizar o uso do espaço e as

políticas públicas. Independente da finalidade e dos critérios adotados, o zoneamento ganhou agilidade com a inserção das técnicas de geoprocessamento e o uso de *"softwares/hardwares"* capazes de manipular uma infinidade de dados, retornando informações otimizadas. As condições oferecidas permitem integrar informação cartográfica e tabular informações alfanuméricas, possibilitando a análise ambiental estabelecendo correlações espaciais, relações de causa e efeito e aspectos temporais.

O geoprocessamento pode ser definido como sendo o conjunto de tecnologias destinadas à coleta e tratamento de informações espaciais, assim como o desenvolvimento de novos sistemas e aplicações, com diferentes níveis de sofisticação (Rosa, 1995). Tendo como base a manipulação de banco de dados, por meio de Sistemas de Informações Geográficas (*SIG*), os quais são instrumentos que auxiliam o desenvolvimento de análises e estudos científicos. Essa tecnologia automatiza tarefas até então realizadas manualmente e facilita a realização de análises complexas, através da integração de dados de diversas fontes.

O presente trabalho tem por objetivo analisar e identificar por meio da técnica de espacialização, apontando as áreas propícias ao processo de degradação ambiental, resultando na desertificação no Estado do RN. Utilizando-se das ferramentas computacionais SIG, adotando como subsídio os principais indicadores de desertificação elencados pelo MMA e IBAMA.

2. Material e Métodos

O Estado do Rio Grande do Norte está localizado na Região Nordeste do Brasil, compreendendo uma área irregular de 5.313.366,82 Ha, contem 167 municípios e tendo como limites ao norte e leste o Oceano Atlântico e ao noroeste o Estado do Ceará e ao sul o Estado da Paraíba (Figura 1). Estando situado na porção Semi-Árida do Brasil, encontrando-se climaticamente classificado como subequatorial de condição azonal. Sua pluviosidade é marcada por acentuada irregularidade ao longo do tempo e no espaço, atingindo índices pluviométricos entre 250 e 800 mm anuais. As estações chuvosas estendem-se entre 3 e 5 meses de duração e as secas entre 7 a 9 meses. Ambas as estações são bem delimitadas e caracterizadas pela episódica ocorrência de intensificação de seus eventos, ora, através de extensas secas catastróficas, ora, com chuvas torrenciais, enchentes e inundações (Fernandes; Bezerra,1990).

As precipitações exibem quadros bastante variados, sob aspecto espaço-temporal na região, com variações entre: meses de referência para o início e o fim da estação chuvosa; médias de precipitação anual; regimes de chuvas e índices de precipitação relativos às estações chuvosas (Souza et al., 1994), além de particularidades tais como: começo da estação úmida incerto;

mais de 95% da precipitação anual ocorre durante a estação chuvosa; precipitação na estação úmida freqüentemente variável não apenas de um ano para outro, mas dentro da própria estação; e intensidade da precipitação pluviométrica diária média de duas a quatro vezes mais elevada do que em muitas regiões temperadas (Fernandes, 2001).

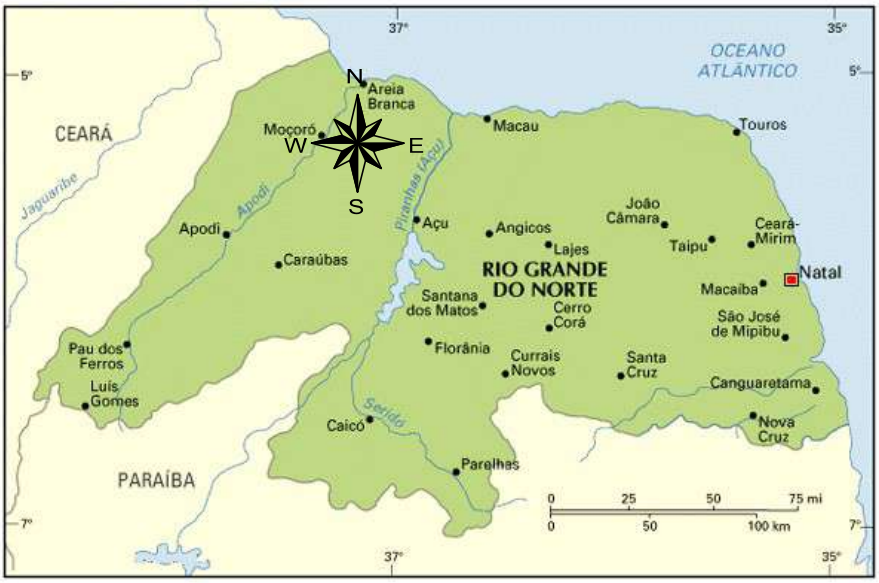


Figura 1. Localização da área de estudo em relação à região nordeste do Brasil.

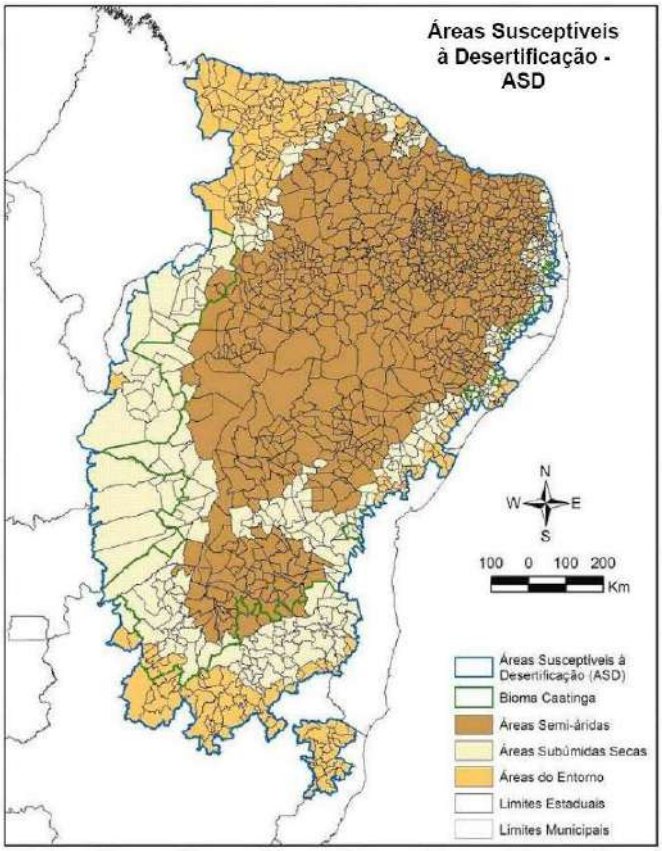


Figura 2. Áreas susceptíveis à desertificação - ASD's, de acordo com PAN- Brasil.

Fontes de Dados Básicos: UNCOD apud (Jesus, 2006).

As áreas susceptíveis à desertificação, ilustradas na Figura 2 foram delimitadas de acordo com as definições da CCD.

O Estado foi criado em 1889, tendo, segundo o CENSO 2007 do IBGE, população de 3.013.740 habitantes e densidade demográfica de 0,057 hab/km^2. A capital do Estado do RN é o município de Natal. De acordo com o último censo do IBGE, três municípios no Rio Grande do Norte têm mais de 150 mil habitantes, são eles: Natal (capital, com 774.230 habitantes), Mossoró (234.390 habitantes) e Parnamirim (172.751 habitantes).

Em relação às atividades exploratórias desenvolvidas relatam-se a presença de fruticultura irrigada, exploração de minerais (lavra a céu aberto), exploração agropastoril, exploração petrolífera, etc.

O Estado apresenta uma altitude média aproximada de 159 m, apresentando clima Semi-Árido Tropical com temperaturas mínimas de 20°C e máxima de 28°C. A precipitação pluviométrica média anual é de 250 a 1000 mm, dispersos em uma grande distorção espaço-temporal, concentrando-se nos meses de março a maio.

Os solos predominantes da região são os Luvissolos crômicos, seguido dos Neossolos, Argissolo, Cambissolo e pequena quantidade de Latossolos. Sendo estes em geral solos jovens com influência do material subjacente. A vegetação predominante por sua vez é a Caatinga com um pequeno vestígio de mata Atlântica.

O acidente morfológico predominante é a ampla superfície aplainada degradada, juntamente com a presença de planaltos e baixos platôs, além de morros, baixas serras e tabuleiros.

Segundo o MMA e o IBAMA, o Estado do Rio Grande do Norte está situado numa área de susceptibilidade ambiental a desertificação, no qual cerca de 40% do seu território é desertificado, sendo que 158 dos 167 dos municípios potiguares são atingidos.

O Estado abrange o núcleo de desertificação do Seridó, correspondendo uma área de 279.602,02 ha, sendo concentrado principalmente nos municípios de Currais Novos, Cruzeta, Acari, Carnaúba dos Dantas, Parelhas e Equador, devido as atividades inadequadas as causas da desertificação desta área podem ser citadas como sendo o desmatamento da caatinga para extração de lenha e argila, uso intensivo dos recursos naturais e sobrepastoreio (superpopulação de animais numa área muito restrita). Estes locais se caracterizam por ter solos rasos e pedregosos (Luvissolo crômico e neossolo Litólico), com baixa capacidade de retenção de água. Em muitos locais, o desgaste da terra provocou o afloramento das rochas, tornando impossível o cultivo agrícola. Para alimentar os fornos das mais de 80 fábricas de cerâmicas que se espalham pela região, à vegetação nativa é desmatada, sem o controle do IBAMA. Além dos principais problemas, tais como:

- Vulnerabilidade às secas, que

impactam diretamente a agricultura de sequeiro e agropecuária;

- Fraca capacidade de reorganizar a estrutura produtiva do sertão;
- Desmatamento resultante da pecuária extensiva e do uso de madeira para fins energéticos;
- Sinalização dos solos decorrente do manejo inadequado na agricultura e no pastoreio, resultando em erosão do solo;
- Perda de dinamismo de atividades industriais e comerciais;
- Precária conservação da infra-estrutura rodoviária, gerando ravinamento nos taludes, devido ao escoamento laminar;
- Precário sistema de difusão tecnológica;
- Baixa produção científica e tecnológica para as necessidades do semi-árido;
- Deficiência nos níveis de capacitação da mão-de-obra rural, industrial e do comércio;
- Assoreamento de cursos d'água e reservatórios, além da remoção da cobertura vegetal dos mananciais e áreas de recarga;
- Gestão municipal sem planejamento e comprometimento com objetivos.

Sendo que cada atividade exploratória apresenta implicações na conservação ambiental, segundo suas respectivas leis vigentes e medidas atenuantes (mitigadoras). Nas quais podemos citar (Banco do Nordeste, 1999):

- AGROPECUÁRIA (Produção Vegetal e Animal), no caso de métodos de cultivo e praticas inadequadas. Lei 4.771 – 15/09/65 Código Florestal Brasileiro, Lei 7.803 – 18/07/85 – Inclui Reservas Florestais Legais, Lei 8.171 – 17/01/91 – Lei de Política Agrícola (Estabelece a Proteção Ambiental dos Recursos Naturais da propriedade agrícola), Lei 6.938 – 31/08/81 – Estabelece a Política ambiental: determina as APP's como reservas ecológicas, Resolução CONAMA 004/85 Estabelece reservas ecológicas, Lei 6.225 – 14/07/75 – dispõe sobre o Ministério da Agricultura discriminando a execução obrigatória de Planos de Proteção do Solo e de Combate à erosão;
- AGROINDUSTRIA, no caso de localização imprópria para lançamento dos efluentes e disposição dos resíduos sólidos. Lei 4.771 – 15/09/65 Código Florestal Brasileiro, Resolução CONAMA 001/86, Resoluções 20/86 e 357/05 estabelecem classificação e enquadramento da água respectivamente, Lei 9.433 – PNRH, CONAMA 237/97 – dispõe sobre o licenciamento ambiental, Lei estadual (PERH) 6.908/86 do Estado do Rio Grande do Norte;
- INDÚSTRIA (Química orgânica e inorgânica), emissão de efluentes (águas residuárias) com metais pesados em teores ou concentrações inadequados e resíduos solidos (dejetos). Resoluções CONAMA 20/86, 008/90 padroes de emissão

de poluentes atmosféricos, 006/88 Licenciamneto ambiental de atividades industriais geradoras de resíduos perigosos.

- CONSTRUÇÃO CIVIL, Planejamento da urbanização e construção, ou seja, uso do solo local e regional de forma de adequação do projeto aos cirtérios do zoneamento de uso e ocupação do solo. Lei 4771 de 15/09/1965, Lei 6766 de 19/12/79 parcelamento do solo urbano e da outras providencias, Resolução CONAMA 001/86 Implementação da avaliação de impactos ambientais.

- INDÚSTRIA DO SAL E CERÂMICA, práticas de exploração inadequadas e intensivas geram a degradação de áreas de mangues, solo (topografia), águas e bioma. Lei Federal 6803 de 02/07/80 Diretrizes básicas sobre o zoneamento industrial em áreas criticas de poluição e dá outras providencias, Lei 1413 de 14/08/75 controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais, CONAMA 001/86, 20/86, 006/88, 005 de 15/06/89 PRONAR, 006 de 17/10/90 obrigatoriedade de registro e de prévia avaliação pelo IBAMA, dos dispersantes químicos empregados nas ações de combate a derrames de petróleo, Normas ABNT – NBR 10004 – Classificação de resíduos.

- MINERAÇÃO (Lavra a céu aberto), Impactos ambientais negativos oriundos dos processos de exploração, implicando conflitos ambientais, além da relação ao uso e ocupação do solo. Lei 4771 de 15/09/65, Lei 6938 de 03/01/67, Decreto-Lei n.° 227 de 28/02/67 Institui o código de mineração, 97634 de 10/04/89 PRAD´s, Resolução CONAMA n.° 009 de 06/12/90, Resolução CONAMA n.° 010 de 06/12/90 licenciamento ambiental prévio, 001/86, 004 18/09/85 Trata de reservas ecológicas, 237 de 19/12/97 licenciamento ambiental de empreendimentos.

- INFRA-ESTRUTURA (SANEAMENTO, ESGOTO, COLETA E TRATAMENTO DE RESÍDUOS), exploração intensiva e inadequada dos recursos naturais, além da coleta e tratamento ineficientes de resíduos. Lei 4771 de 15/09/65, Lei 9433 de 08/01/97 Política Nacional de Recursos hídricos, Decreto-Lei 24.643 de 10/07/34 – Institui o Código das Águas, Resoluções CONAMA 20/86, 001/86, 004/85, 237/97, Portaria 036/90 – Ministério da Saúde – estabelece padrões de potabilidades da água para consumo humano, Lei Federal 5318 de 26/06/67 Institui a Política Nacional de Saneamento, ABNT NBR's 10004 a 10007.

- IRRIGAÇÃO, manejo inadequado ou intensivo das técnicas. Decreto-Lei 24642 de 10/07/34 Código das Águas, 4771 de 15/09/65, Lei 6225 – 14/07/75 Planos de Proteção do Solo e de combate à erosão, 6938 de 31/08/81, 94076 de 05/03/87 Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas, Lei 8171-17/01/91 Lei da Política Agrícola.

- ESTRADAS, técnicas

relacionadas a construção possibilitando a degradação do ambiente (bioma), destruição da camada vegetal. Lei 4771/65, Lei 6938/81, Lei 9433/97, Decreto-Lei 24643/34, 227/67, Decreto 97632/89, CONAMA 001/86, 004/85, 006/87, 010/90.

2.1 Critérios de avaliação das áreas desertificadas

Na desertificação fica claro que os indicadores da degradação das terras devem estar associados a essas atividades exploratórias desordenadas referentes ao uso da terra, sendo estas de natureza física, química e biológica– pelas limitações do uso da terra – e também sociais.

Para estabelecer as áreas propícias à desertificação foram analisados e avaliados os indicadores sugeridos pela ONU 1994 (Agenda 21, em seu capitulo 12, referindo-se ao "Manejo dos ecossistemas frágeis: combatendo a desertificação" segundo a Organização das Nações Unidas), se recomendado às nações com problemas de desertificação os seguintes indicadores:

- População que vive abaixo da linha de pobreza nas áreas secas;
- Índice Nacional de Precipitação Mensal;
- Índice de Vegetação, derivado de imagens de satélite;
- Terras afetadas pela desertificação.

Antes de começar a aplicar os métodos disponíveis no SIG (Sistemas de Informações Geográficas) para efetuar o mapeamento das áreas desertificadas, fez-se necessário trabalhar os arquivos vetoriais com as informações do percentual de pobreza, precipitação mensal média, limites políticos, áreas de susceptibilidade a desertificação e áreas de incidência de secas.

A análise da cobertura vegetal foi realizada com uma imagem LANDSAT 7 resolução 30x30m composição colorida 345 e 432, esta deu ênfase a radiação refletida no infra-vermelho próximo (calor), ressaltando-se a presença de umidade na vegetação, além de contrastar aumentando a visualização e interpretação da banda 4 e reduzindo significativamente o contraste da banda 2. O manuseio e interpretação da imagem foi auxilio pelo *SIG Spring e ArcView.* Sendo a imagem disponibilizada pelo Laboratório de Geoprocessamento da UERN (Universidade do Estado Rio Grande do Norte).

Para iniciar o trabalho foi necessário corrigir as projeções, transformando todos os dados vetoriais para uma projeção em comum, a qual foi utilizado projeção UTM SAD 69 ZONA 24S, visando obter os limites do Estado pertencentes ao semi-árido, o mesmo foi feito após a edição do arquivo vetorial contendo todos indicadores nos limites estabelecidos, foram conservadas apenas as informações de cada arquivo vetorial, pertinentes à área de estudo.

3. Resultados e Discussão

Com base na metodologia relatada

foram gerados os mapas dos indicadores de desertificação do Estado do Rio Grande do Norte, representadas nas Figuras 3 a 9.

Segundo o IBGE (2003), o mapa de pobreza e desigualdade 2003, apresenta os percentuais de pobreza dos municípios no Estado do RN, pertencentes à região do semi-árido, conforme apresentado na Figura 3.

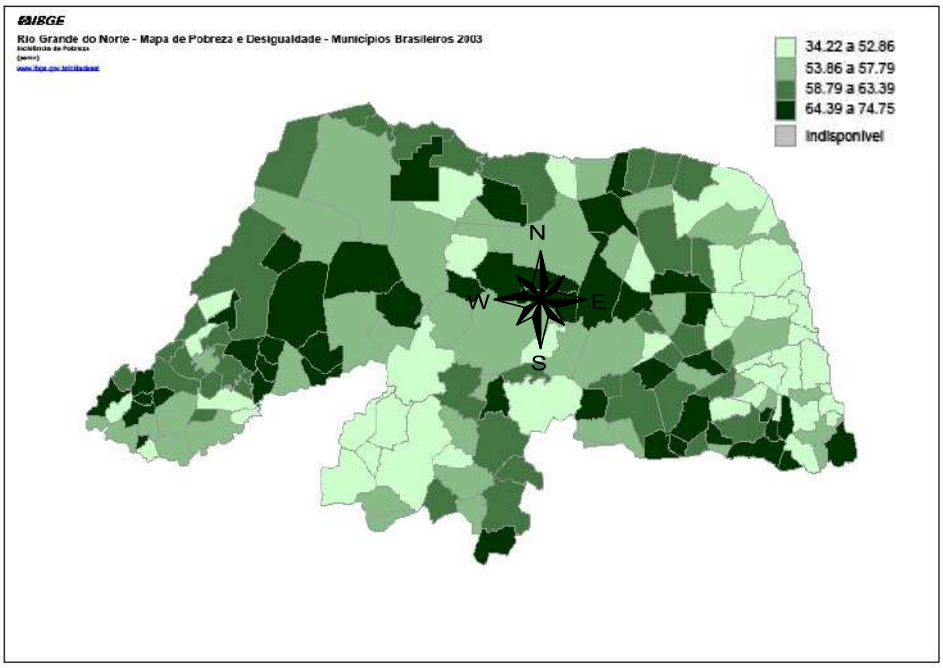


Figura 3. Espacialização dos índices percentuais de pobreza na área de estudo do RN.

Este indicador relata como a pobreza limita os investimentos e aumenta a degradação, devido o manejo inadequado dos recursos naturais, que traz como possíveis conseqüências, problemas para a economia das regiões secas. Este fornece ainda informações para o estabelecimento de projetos alternativos de geração de renda e de sistemas de segurança alimentar, orientando decisões em áreas como educação, saúde, arrendamento de terras e descentralização da aplicação dos recursos.

De acordo com os dados do IBGE (2003), verificou-se que o município de Serra Negra do Norte apresentou o percentual mínimo de pobreza com 37,37% da população total, enquanto que o município de Serra do Mel demonstrou o percentual Maximo de pobreza com 74,75% da população total do mesmo. Verificou-se ainda que cerca de 66 municípios apresentam percentual de pobreza acima de 60%, e média de pobreza do Estado de 56,06%.

Para identificar as áreas de seca com população abaixo da linha de pobreza, foi necessário utilizar o banco de dados de áreas com incidência de secas, disponibilizado pelo MMA e IBAMA, conforme descrito na Figura 4.

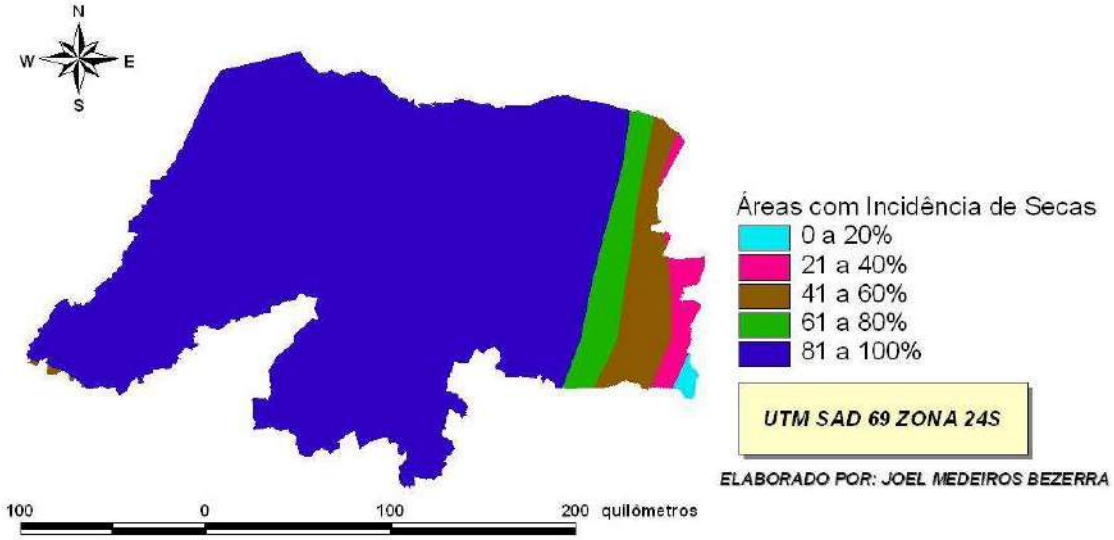


Figura 4. Localização das áreas com incidência de secas do semi-árido do estado do RN.

A Figura 5 representa manchas de precipitação mensal média do Estado do Rio Grande do Norte, pertencente à região do semi-árido, adquiridos no banco de dados do Ministério do Meio Ambiente (MMA).

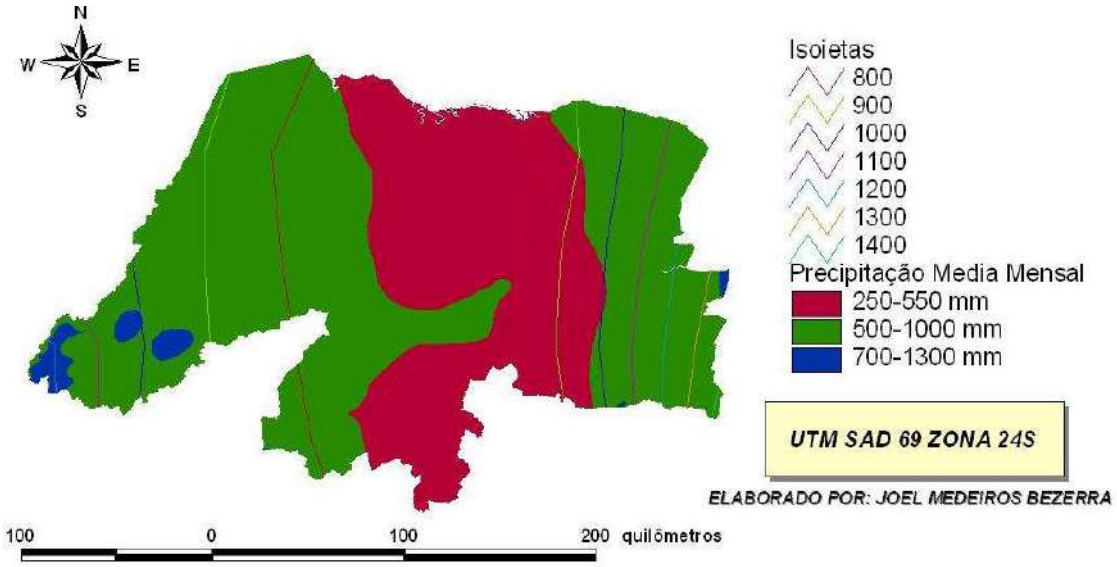


Figura 5. Manchas de precipitação mensal média, juntamente com as isoietas de precipitação do Semi-Árido do Rio Grande do Norte.

Sendo um indicador direto, quantitativo, que mede a disponibilidade de águas pluviais nos países sujeitos à desertificação e à seca, e fornece informações valiosas para o manejo dos recursos hídricos, para o planejamento agrícola e para análises

de risco. Sua avaliação é valiosa, também para o estudo das mudanças climáticas e para a elaboração de estratégias de adaptação a mudanças.

Por definição, as regiões semi-áridas têm fortes limitações de água doce. As precipitações podem variar consideravelmente ao longo do ano e períodos de seca prolongada podem durar vários anos. Isto proporciona uma adaptação da flora e fauna à disponibilidade de água e umidade.

Percebe-se que cerca de 61,38% das incidências de chuvas apresentam precipitação de 500-1000mm, sendo localizada na mesorregião do Oeste potiguar e nas proximidades da costa litorânea. Enquanto que aproximadamente 36,64% das chuvas apresentam precipitação mínima de 250-550 mm, sendo distribuídas nas mesorregioes do central e agreste potiguar. Ainda apresentando uma precipitação máxima de 700-1300 mm nas microrregiões serranas de Pau dos Ferros, Umarizal e São Miguel.

A área representada na Figura 6 é uma composição colorida RGB 432 da imagem LANDSAT, criada no *SPRING* e manipulada por outros *SIG's*, na qual foi realizado um mosaico de imagens para representar a área abrangente do estudo.

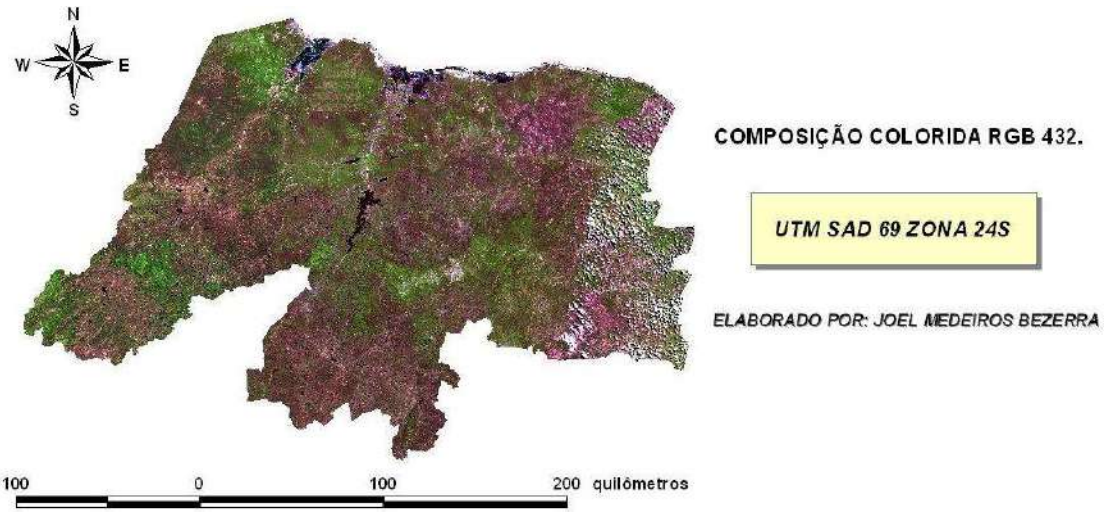


Figura 6. Imagem com composição colorida 432 do Semi-Árido do Rio Grande do Norte.

Optou-se pela banda 4 pois representa a região do espectro eletromagnético mais afetado pela vegetação, ou seja infravermelho próximo. Aplicando-se o realce sobre a banda 4, usando o canal R (*Red*) no *SIG SPRING*. Onde as tonalidades mais escuras representão maior densidade da vegetação e mais claras, vegetação menos densa ou escassa, ou seja, analisou-se de forma que quanto mais escuro o tom de vermelho na composição maior a densidade da vegetação existente, enquanto mais próximo do branco tende a serem áreas

de solo exposto ou áreas impermeabilizadas.

A prática da monocultura torna as terras improdutivas, as quais logo são abandonadas, devido a restrição da disponibilidade de nutrientes, além da compactação do solo. A destruição da cobertura vegetal protetora, os cultivos errados, o excesso de pastagens, acabam com a vegetação e a estrutura do solo. A Figura 7 apresenta a imagem utilizada para auxiliar a interpretação da cobertura vegetal da área de estudo.

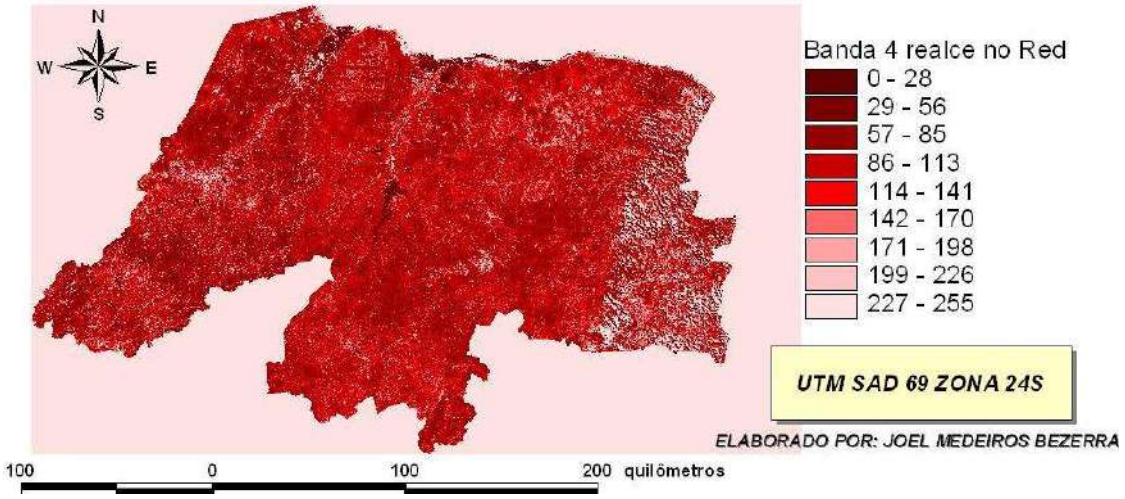


Figura 7. Imagem com composição realçando a banda 4 com nível vermelho, do semi-árido do Rio Grande do Norte.

De acordo com Romeiro (2004), os estudos do IBAMA e MMA, constatou-se que o bioma predominante no semi-árido do Estado do Rio Grande do Norte foi o Caatinga hiperxerófila e hipoxerófila, em que verificou-se ainda a grande predominância de Caatinga Aberta, com presença de atividades agropastoris. Sendo identificadas cinco classes distintas de uso do solo, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Classes identificadas na análise da cobertura do solo.

N.°	**CLASSES**
1	Corpos d'agua
2	Vegetação caatinga rala (baixa)
3	Áreas de sobrepastagem
4	Exploração econômica
5	Solos expostos

O Indicador de Terras afetadas pela desertificação foi adquirido no banco de dados do MMA (IBAMA, 2003). Este indicador avalia a extensão total e a proporção

das terras secas de um país afetadas pelo processo de desertificação. Ele mostra a severidade e a evolução temporal do problema e avalia a resposta do processo de desertificação aos mecanismos de intervenção, conforme ilustrado na Figura 8.

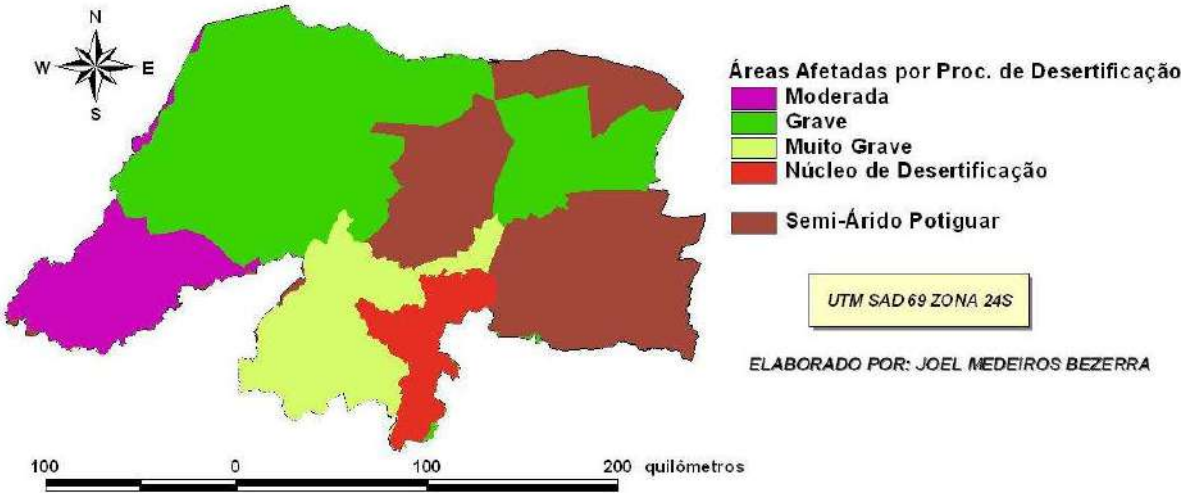


Figura 8. Espacialização das terras afetadas por processos de desertificação, do Semi-Árido do Rio Grande do Norte.

Percebe-se que a região semi-árida do Rio Grande do Norte esta sendo afetada por processos de desertificação tanto de ação de fatores naturais, como ação antrópica. Cerca de 58,84% da área total de estudo apresenta-se em estado grave, enquanto os demais representam 18,2%, 14,98% e 7,98% para as áreas em estado muito grave, moderado e núcleo de desertificação respectivamente. Sendo o núcleo de desertificação do Seridó apresenta uma área de aproximadamente 278.146,19 ha.

Funcionamento do modelo de desertificação

Os quatro indicadores descritos cobrem a complexibilidade dos processos envolvidos na desertificação. A avaliação do processo de desertificação obteve melhores resultados de tais indicadores quando considerados em conjunto permitindo a integração de informações. Sendo realizada uma análise matemática por meio de ferramentas SIG, constando de uma sobreposição de cartas georreferenciada com um *datum* em comum, objetivando-se identificar a área intersecionante, que corresponde às áreas propicias ao alastramento dos processos de desertificação.

A análise dos indicadores em um mesmo plano possibilita verificar que existem determinadas áreas propicias a distintos fatores propícios a processos de desertificação, o que permite avaliar a presença de agentes difusos sobre as áreas impactadas.

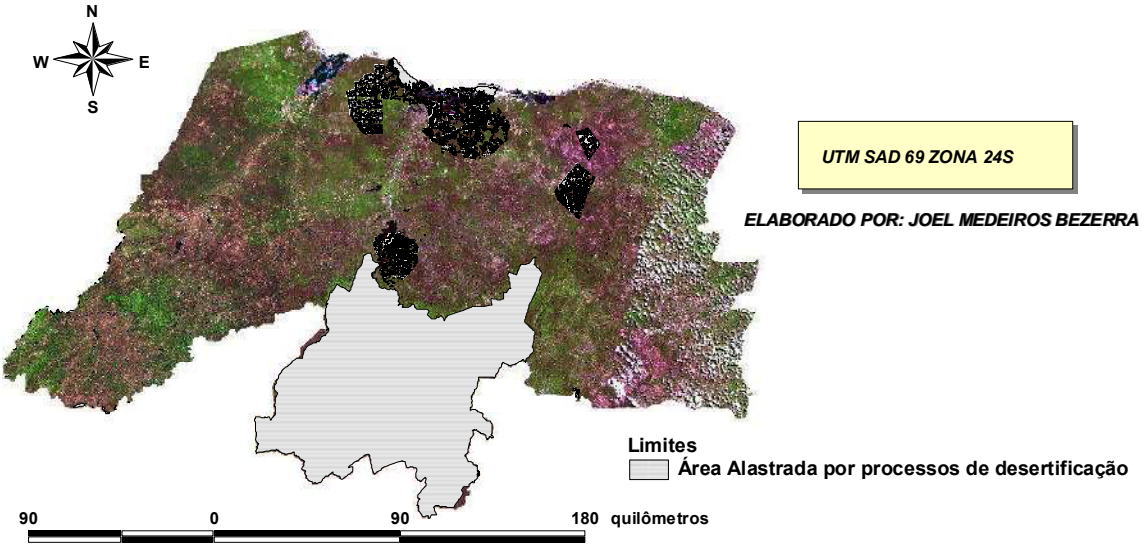


Figura 9. Espacialização das terras propicias ao alastramento dos processos de desertificação, do semi-árido do Rio Grande do Norte.

Verifica-se com auxílio da Figura 9, que representa o resultado da interação de todos os indicadores anteriormente destacados em um mesmo plano, sendo arbitrado área resultante pela intersecção das terras secas com teor de umidade menor que 20%, com precipitação abaixo de 600 mm, percentual de pobreza acima de 60%, cobertura vegetal de solo exposto, exploração econômica e sobrepastagem, e por fim terras afetadas de grave a muito grave grau de degradação dos solos, incluindo o núcleo de desertificação do Seridó, já existente na atual área.

Sendo que os municípios mais propícios aos processos de desertificação são os localizados nas microrregiões de Angicos, Agreste Potiguar, Baixa Verde, Borborema Potiguar, Macau, Mossoró, Médio Oeste, Serra de Santana, além do Seridó Ocidental e Seridó Oriental, os quais são os mais impactados pelos processos de desertificação. Observando ainda uma área total de 1.011.000 hectares propícios à desertificação.

Desta forma, resta a responsabilidade da tríplice esfera de poder (Federal, Estadual e Municipal) no sentido de adotarem técnicas eficientes de monitoramento através de medidas de combate e controle a desertificação, regulamentando as medidas mitigadoras dos processos desertificantes, além da implantação de estratégicas de convivência com as condições agroecológicas e agroflorestais regionais. Neste sentido, a premissa básica na busca por soluções para reverter ou mitigar os processos de desertificação em curso é recuperar as áreas já degradadas e mitigar as atividades geradoras de tal processo.

4. Considerações Finais

O uso do Geoprocessamento mostrou-se viável para estudos dessa natureza na

região, pois se obtém resultados rápidos, precisos e pouco dispendiosos, extremamente significativos se considerado a carga de informação gerada.

Os quatro indicadores descritos cobrem a complexibilidade dos processos envolvidos na desertificação, permitindo a avaliação do processo de desertificação, com o auxílio dos produtos oriundos da base de dados georreferenciada atuando como apoio ao desenvolvimento e aplicação de medidas mitigadoras dirigidas e espacializadas a esta questão ambiental em particular.

Percebe-se que a região Semi-Árida do Rio Grande do Norte esta sendo afetada por processos de desertificação tanto de ação de fatores naturais, como ação antrópica. Onde, a área total dos municípios mais propícios aos processos de desertificação resulta em 1.011.000 hectares, o que representa cerca de 19,03% da área do estado do Rio Grande do Norte.

Diante do exposto, conclui-se que os órgãos ambientais devem planejar o monitoramento e controle de tais eventos. Paralelamente a estas ações, cabe uma maior conscientização política, econômica e social no sentido de minimizar e/ou combater as ações impactantes e consequentemente o alastramento das áreas desertificadas.

Resta aos indivíduos que usufruem dos recursos naturais, que tenham a conscientização da preservação dos mesmos e de práticas ambientalmente corretas visando o desenvolvimento sustentável e bem estar das futuras gerações, por meio do aumento da produtividade da terra e da reabilitação, conservação e gestão sustentada dos recursos naturais, alem da adequação correta do uso e ocupação do solo.

5. Referências

Banco do Nordeste. (1999). Manual de impactos ambientais: orientações básicas sobre os aspectos ambientais de atividades produtivas. Fortaleza: Banco do Nordeste, 297 p.

Brasil. (2009). Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm>. Acesso em: 20 ago. 2009.

Brasil. (2009). Decreto Federal N° 4.297 de 2002. Regulamenta o art. 9º, inciso II, da Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil - ZEE, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4297.htm>. Acesso em: 21 set 2009.

Conti, J. B. (2008). O conceito de desertificação. Climatologia e Estudos da Paisagem, Rio Claro, v. 3, n. 2, p. 39 – 52.

Egler, C. A. G.; Cruz, C. B. M.; Madsen, P. F. H.; Costa, S. M.; Silva, E. A. (2003). Proposta

de Zoneamento Ambiental da Baía de Guanabara. Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ, v. 2. p. 127-138. Disponível em: <http://www.laget.igeo.ufrj.br/egler/pdf/zeegb.pdf>. Acesso em: 22 mai. 2009.

Fernandes, A.; Bezerra, P. (2009). Estudo fitogeográfico do Brasil. Fortaleza, Stylus Comunicação, 1990. Disponível em: <http://www.infoescola.com/geografia/desertificacao/>. Acesso em: 5 jul. 2009.

Fernandes, J. I. C. (2001). Água no semi-árido nordestino – realidade, gerenciamento e experiências de sucesso. In: DIÁLOGO INTERAMERICANO DE GERENCIAMENTO DE ÁGUAS, 4. Foz do Iguaçu, 2 – 6 set. 2001. Anais... Brasília, MMA , 2001. 1CD.

Ibama. (2009). Desertificação no Brasil. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2003. Disponível em <http://www.ibama.gov.br>. Acesso em: 22 ago. 2009.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2003). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em 7 jul. 2009.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2007). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=rn>. Acesso em: 10 ago. 2009.

Jesus, A. A. (2006). ENSAIO DE USO DO SISTEMA MONITOR SIGINDES NO NÚCLEO DE DESERTIFICAÇÃO DE GILBUÉS – PIAUÍ. 53p. Monografia (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2006. Disponível em: <http://www.iicadesertification.org.br/imagem/noticia/File/Mon_Afranio.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2009.

Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (MMA). (1998). Diretrizes para a Política Nacional de Controle da Desertificação. Brasília. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutur=88>. Acesso em: 04 jun. 2009.

Nimer, E. (1980). Subsídio ao Plano de Ação Mundial para Combater a Desertificação – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, v.43, n.3. p.612-637.

ONU. CNUMAD. (1994). Manejo de ecossistemas frágeis: a luta contra a Desertificação e a seca. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Poder Executivo, Brasília, DF, 2 ago. 1994. n. 146, seção 1. (Agenda 21).

Pan-Brasil. (2004). - Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca: PAN-Brasil. – Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos, 2004.

Disponível em: <http://www.iicadesertification.org.br/imagem/noticia/File/Paises_do_Programa/Brasil/Reunioes_do_Plano_de_Acao_Nacional_PAN/PAN_BRASIL.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2009.

Romeiro, A. R.; Accioly, L. J. O.; Oliveira, M. A. J. (2004). Avaliação e contabilização de impactos ambientais: Indicadores de Processos de desertificação – Campinas, SP. Editora da UNICAMP, São Paulo, SP: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2004. 87-123 p.

Rosa, R. O (1995). Uso de SIG's para o Zoneamento: Uma Abordagem Metodológica. 1995. 214p. Tese (Doutora em Geografia física) Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo/FFLCH/USP, São Paulo.

Souza, M. J. N.; Martins, M. L. R.; Soares, Z. M. L.; Freitas Filho, M. R. De; Almeida, M. A. G. De; Pinheiro, F. S. A.; Sampaio, M. A. B.; Carvalho, G. M. B. S.; Soares A. M. L.; Gomes, E. C. B.; Silva, R. A. (1994). Redimensionamento da Região semi-árida do Nordeste do Brasil. In: CONFERÊNCIA NACIONAL E SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DA DESERTIFICAÇÃO. Fortaleza, 7-11. Anais... Brasília, Fundação Grupo Esquel Brasil, 1994. p. 383-404.

United Nations Conference on Desertification (UNCOD) (2006). 29 Aug. – 9 Sept., Nairobi, 1977. World map of desertification; at a scale of 1:25000000. Explanatory Note. Rome, FAO/UNECO/WMO, 1977. 10p. In: JESUS, A. A. ENSAIO DE USO DO SISTEMA

MONITOR SIGINDES NO NÚCLEO DE DESERTIFICAÇÃO DE GILBUÉS – PIAUÍ. 2006. 53p. Monografia (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2006. Disponível em: <http://www.iicadesertification.org.br/imagem/noticia/File/Mon_Afranio.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2009.

Valladares, G. S.; Faria, A. L. L. (2004). SIG NA ANÁLISE DO RISCO DE SALINIZAÇÃO NA BACIA DO RIO CORURIPE, AL. ENGEVISTA, v. 6, n. 3, p. 86-98. Disponível em: <http://www.uff.br/engevista/3_6Engevista7.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2009.

You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

UTILIZAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS NA OBTENÇÃO DE INDICADORES DE DESERTIFICAÇÃO PARA O RIO GRANDE DO NORTE

Joel Medeiros Bezerra[1]; Paulo Cesar Moura da Silva[2]; Carlos Thiago da Silveira Lopes Morais[3]; Rafael Oliveira Batista[2]; Luciara Maria de Andrade[4]

RESUMO

A dependência econômica da terra e de seus recursos naturais, num ecossistema com baixa capacidade de recuperação e mediante a utilização de práticas inadequadas de manejo, em razão das atividades exploratórias inadequadas e/ou intensivas, pode conduzir uma região a um grave cenário de degradação ambiental, desencadeando processos de desertificação. A partir do trabalho realizado pelo Centro de Sensoriamento Remoto do IBAMA e o Ministério do Meio Ambiente – MMA – elaborou-se o Mapa de Suscetibilidade Ambiental do Brasil, servindo como ferramenta para avaliação ambiental para balizar as futuras tomadas de decisões. Neste sentido, o presente trabalho tem por objetivo analisar e identificar por meio da técnica de espacialização, apontando as áreas propícias ao processo de degradação ambiental, resultando na desertificação no Estado do RN. Utilizando-se das ferramentas computacionais SIG *ArcView 3.2.0* e *SPRING 5.1*, adotando como subsídio os principais indicadores de desertificação elencados pelo MMA e IBAMA, além de enquadrar as atividades antrópicas relacionadas ao processo de desertificação à legislação ambiental brasileira em vigor. Para tanto foram estruturados cenários para verificar as possibilidades de aumento da desertificação e identificação de possíveis áreas propícias a formação de núcleos desérticos, utilizando-se metodologia de projeção de dados espaciais e adotando um padrão de sistematização das informações comuns a todos os indicadores. Desta análise concluiu-se que os indicadores são significativos no estado do Rio Grande do Norte e que existem cerca de 1.011.000 ha propícios ao processo de desertificação.
Palavras-chave: ambiente; legislação ambiental; semiárido.

ABSTRACT
GEOTECNOLOGY USE IN OBTAINING OF DESERTIFICATION INDICATORS FOR RIO GRANDE DO NORTE

The economic dependence of the land and its natural resources, an ecosystem with low resilience and practices through the use of inadequate management practices because of inadequate exploration activities and/or intensive, a region can lead to a scenario of severe environmental degradation, triggering desertification processes. From the work done by the Remote Sensing Center of IBAMA and the Ministry of Environment - MMA - was elaborated the Environmental susceptibility map of Brazil, serving as a tool for environmental assessment in gauging future decision-making. In this sense, this paper aims to analyze and identify through the technique of spatial, identifying the areas prone to environmental degradation, resulting in desertification in the state of the newborn. Using computational implement 3.2.0 and ArcView GIS SPRING 5.1, taking as input the key indicators of desertification listed by MMA and IBAMA, as well as framing human activities related to desertification process to Brazilian environmental legislation in force. For both scenarios were structured to verify the possibilities of increased desertification and identifying possible areas for the formation of desert cores, using a methodology for projecting spatial data and adopting a standard classification of the information common to all indicators. This analysis concluded that the indicators are significant in the state of Rio Grande do Norte and there are about 1,011,000 ha conducive to the process of desertification.
Keywords: environmental; environmental legislation; semiarid.

Trabalho recebido em 21/05/2011 e aceito para publicação em 28/12/2011

[1] Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental. Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas – DCAT. Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA. Caixa Postal 137. Mossoró-RN. CEP 59625-900. E-mail: joel_medeiros@oi.com.br.
[2] Prof. Adjunto. Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas – DCAT. Universidade Federal Rural do Semi-Árido-UFERSA. Caixa Postal 137. Mossoró-RN. CEP 59625-900. e-mail: paulo.moura@ufersa.edu.br, rafaelbatista@ufersa.edu.br.
[3] Engenheiro Agrícola e Ambiental, graduando em direito pela UnP. Mossoró-RN.e-mail: ctmorais7@hotmail.com.
[4] Profª da Universidade Potiguar UnP. Mossoró-RN. CEP: 59607-330. E-mail: luciarandrade@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

O uso inadequado dos recursos naturais contribui para a degradação do bioma Caatinga, sendo freqüente o aparecimento de áreas em processo de desertificação. Os registros bibliográficos caracterizam a desertificação como um fenômeno de transformação de terras com potencial produtivo em terras inférteis. Esse fenômeno ocorre em regiões de climas Árido, Semi-Árido e Sub-Úmido Seco.

A desertificação pode ser um processo natural, o que a torna difícil de ser evitada. As áreas brasileiras desertificadas apresentam características geoclimáticas e ecológicas que favorecem a aceleração do processo, tais como: as condições edafóclimaticas, a distribuição irregular da precipitação espaço temporal, áreas frágeis ou susceptíveis a desertificação e vegetação dispersa.

Entretanto, as causas mais freqüentes da desertificação estão associadas ao uso inadequado do solo e da água, ao desenvolvimento de atividades agropecuárias, de mineração, de irrigação mal planejada ou mal executada e ao desmatamento indiscriminado com ou sem queimadas, exploração agropastoril de forma descontrolada dos recursos naturais, ausência de técnicas de manejo, além do desrespeito ao uso e aptidão das terras agrícolas, sendo todas relacionadas à ações antrópicas, propiciando o dispêndio dos recursos naturais, gerando impactos ambientais adversos em diversas escalas. Tal como a contribuição para o aquecimento global com a potencialização da taxa de reflexão dos raios solares que atingem a superfície sem cobertura vegetal.

Os especialistas salientam também que, no mundo como um todo, nas áreas suscetíveis à desertificação e à seca, há coincidências do ponto de vista sócio-econômico, com a existência de bolsões de pobreza dos países do Terceiro Mundo, onde a baixa produtividade agrícola e a má qualidade de vida resultante esboçam um quadro dramático.

Esse processo vem inviabilizando a produção anual de cerca de seis milhões de hectares (60 mil km²), devido ao pastoreio intensivo, a salinização dos solos irrigados e o uso intensivo e manejo inadequado da água disponível na agricultura. Nas áreas onde ocorrem os impactos difusos, os danos ambientais produzidos resultam em erosão dos solos, empobrecimento da caatinga e degradação dos recursos hídricos, com efeitos diretos sobre a qualidade de vida da população (VALLADARES & FARIA, 2004).

Diante deste panorama, a comunidade internacional colocou em debate a desertificação e seus efeitos ambientais, sociais e econômicos. No ano de 1977, o Programa das Nações Unidas

para o Meio Ambiente – PNUMA, realizou a 1ª Conferência Mundial de Combate a Desertificação formalizando a abrangência da desertificação. O grande objetivo da Conferência foi traçar, no âmbito mundial, o Plano de Ação de Combate à Desertificação – PACD (NIMER, 1980), que gerou com seus estudos preliminares o Mapa Mundial da Desertificação. Na ocasião, a desertificação foi definida como: intensificação ou a extensão de condições desérticas, marcadamente liderada pela redução da produtividade biológica com a conseqüente redução de biomassa vegetal, em áreas de pastagens, campos de cultivos e ocupação humana (UNCOD apud JESUS, 2006).

Mediante estas ações, após 15 anos do PACD, a Eco 92 ou RIO-92 (a Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento e Meio Ambiente), abordou, entre outros temas de relevância ambiental, a desertificação, que consta na Agenda 21 – documento oficial da Conferência – no seu capítulo 12 cuja definição é reformulada sobre novos parâmetros, em seguida traçando como objetivo principal das nações o Desenvolvimento Sustentável do Planeta, bem como a elaboração de uma Convenção para o Combate a Desertificação. Nessa Convenção foram elaborados estudos sobre os principais problemas decorrentes da desertificação e suas causas, além de criar a Convenção para o Combate à Desertificação (CCD), atendendo ao capítulo 12 da agenda 21, "manejo de ecossistemas frágeis: a luta contra a desertificação e a seca".

Dentre as causas da desertificação listadas pela Convenção de Combate a Desertificação (CCD) encontram-se o uso intensivo e inadequado do solo em regiões de ecossistemas frágeis, com baixa capacidade de recuperação, que resultam na salinização de solos pela irrigação mal planejada. O sobre-pastoreio, o desmatamento, o esgotamento do solo e dos recursos hídricos, além do manejo inadequado das atividades agropecuárias são fatores que agravam o problema.

Além de tornar a região vulnerável à seca, causando prejuízos diretos a agricultura e a pecuária com perdas sensíveis para a economia dos locais atingidos, a desertificação causa perda da biodiversidade, perda dos solos por erosão e diminuição dos recursos hídricos levando ao abandono das terras pela população, que migra para as cidades gerando outro problema: o aumento dos problemas ambientais e sócio-econômicos urbanos.

A Convenção da Organização das Nações Unidas para o combate á Desertificação conceitua a desertificação como o "processo de degradação das terras das regiões áridas, semi-áridas e subúmidas secas, resultante de diferentes

fatores, entre eles as variações climáticas e as atividades humanas", sendo a degradação de terras definida da seguinte forma (CONTI, 2008):

- Degradação dos solos e dos recursos hídricos;
- Degradação da vegetação e da biodiversidade (fauna e flora);
- Redução da qualidade de vida da população afetada.

No Brasil, o Plano Nacional de Combate a Desertificação – PNCD, foi elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) e por uma coordenação técnica composta pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD, órgãos ambientais federais e estaduais. O Ministério do Meio Ambiente, criado em novembro de 1992, tem como missão promover a adoção de princípios e estratégias para o conhecimento, a proteção e a recuperação do meio ambiente, o uso sustentável dos recursos naturais, a valorização dos serviços ambientais e a inserção do desenvolvimento sustentável na formulação e na implementação de políticas públicas, de forma transversal e compartilhada, participativa e democrática, em todos os níveis e instâncias de governo e sociedade (MMA, 2009).

Em 2004, o programa nacional de ação de combate à desertificação**,** foi concluído, agora intitulado PAN – Brasil (Programa de Ação Nacional) inclui em seu contexto, todo o conhecimento e experiências geradas pela sociedade civil organizada, no intuito de consolidar instrumentos de convivência com o Semi-Árido. Tendo como objetivo principal estabelecer diretrizes, instrumentos legais e institucionais que permitem otimizar a formulação e execução de políticas públicas e investimentos privados nas áreas susceptíveis a desertificação, promovendo a mitigação e o Desenvolvimento Sustentável (PAN-Brasil, 2004).

A fragilidade ambiental, aliada a fatores antrópicos, pressionada por situações de pobreza e baixos níveis tecnológicos, gera a degradação do ambiente para a sobrevivência humana e a sustentabilidade ambiental, ocorrendo dentro de um ciclo danoso aos ecossistemas. Na tentativa de combater os aspectos negativos do mesmo, as autoridades desenvolveram vários dispositivos legais (JESUS, 2006).

Dentre eles a Política Nacional de Meio Ambiente, prevista na lei Nº 6.938/81, que tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade humana (BRASIL,

1981). De acordo com o art. 9º, § 2º, o zoneamento ambiental é previsto como um de seus instrumentos.

Visto a importância da preservação da qualidade ambiental e da manutenção do equilíbrio ecológico, foi decretada em 2002 a lei Nº 4.297, que estabelece critérios e princípios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil, cujo objetivo geral é organizar, de forma integrada, as decisões dos agentes públicos e privados quanto a planos, programas, projetos e atividades que, direta ou indiretamente, utilizem recursos naturais, assegurando a plena manutenção do capital e dos serviços ambientais dos ecossistemas.

Segundo Egler *et al.* (2003), o zoneamento ambiental é um instrumento político e técnico de planejamento, cuja finalidade é otimizar o uso do espaço e as políticas públicas.

Independente da finalidade e dos critérios adotados, o zoneamento ganhou agilidade com a inserção das técnicas de geoprocessamento e o uso de *"softwares/hardwares"* capazes de manipular uma infinidade de dados, retornando informações otimizadas.

Diante desse fato, as metodologias possíveis de serem implementadas, por meio do geoprocessamento, tornam-se alternativas viáveis para reduzir de maneira significativa às deficiências relativas ao cumprimento das leis pertinentes. As condições oferecidas permitem integrar informação cartográfica e tabular informações alfanuméricas, possibilitando a análise ambiental estabelecendo correlações espaciais, relações de causa e efeito e aspectos temporais que antes eram impraticáveis pelos meios tradicionais de manipulação de dados até então existentes, devido a restrição a material matricial de análise e ferramentas de interpretação.

O geoprocessamento pode ser definido como sendo o conjunto de tecnologias destinadas à coleta e tratamento de informações espaciais, assim como o desenvolvimento de novos sistemas e aplicações, com diferentes níveis de sofisticação (ROSA, 1995). Tendo como base a manipulação de banco de dados, por meio de Sistemas de Informações Geográficas (*SIG*), os quais são instrumentos que auxiliam o desenvolvimento de análises e estudos científicos.

Um *SIG* pode ser definido como um sistema destinado à aquisição, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados referidos espacialmente na superfície terrestre, integrando diversas tecnologias. Essa tecnologia automatiza tarefas até então realizadas manualmente e facilita a realização de análises complexas, através da integração de dados de diversas fontes.

O presente trabalho tem por objetivo analisar e identificar por meio da técnica de espacialização, apontando as áreas propícias ao processo de degradação ambiental, resultando na desertificação no Estado do RN. Utilizando-se das ferramentas computacionais SIG *ArcView 3.2.0* e *SPRING 5.1*, adotando como subsídio os principais indicadores de desertificação elencados pelo MMA e IBAMA.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O Estado do Rio Grande do Norte está localizado na Região Nordeste do Brasil, compreendendo uma área irregular de 5.313.366,82 Ha, contem 167 municípios e tendo como limites ao norte e leste o Oceano Atlântico e ao noroeste o Estado do Ceará e ao sul o Estado da Paraíba. Estando situado na porção Semi-Árida do Brasil, encontrando-se climaticamente classificado como subequatorial de condição azonal. Sua pluviosidade é marcada por acentuada irregularidade ao longo do tempo e no espaço, atingindo índices pluviométricos entre 250 e 800 mm anuais. As estações chuvosas estendem-se entre 3 e 5 meses de duração e as secas entre 7 a 9 meses. Ambas as estações são bem delimitadas e caracterizadas pela episódica ocorrência de intensificação de seus eventos, ora, através de extensas secas catastróficas, ora, com chuvas torrenciais, enchentes e inundações (FERNANDES & BEZERRA,1990).

As precipitações exibem quadros bastante variados, sob aspecto espaço-temporal na região, com variações entre: meses de referência para o início e o fim da estação chuvosa; médias de precipitação anual; regimes de chuvas e índices de precipitação relativos às estações chuvosas (SOUZA et al., 1994), além de particularidades tais como: começo da estação úmida incerto; mais de 95% da precipitação anual ocorre durante a estação chuvosa; precipitação na estação úmida freqüentemente variável não apenas de um ano para outro, mas dentro da própria estação; e intensidade da precipitação pluviométrica diária média de duas a quatro vezes mais elevada do que em muitas regiões temperadas (FERNANDES, 2001).

O Estado foi criado em 1889, tendo, segundo o CENSO 2007 do IBGE, população de 3.013.740 habitantes e densidade demográfica de 0,057 hab/km^2. A capital do Estado do RN é o município de Natal. De acordo com o último censo do IBGE, três municípios no Rio Grande do Norte têm mais de 150 mil habitantes, são eles: Natal (capital, com 774.230 habitantes), Mossoró (234.390 habitantes) e Parnamirim (172.751 habitantes).

Em relação às atividades exploratórias desenvolvidas relatam-se a presença de fruticultura irrigada, explotação de minerais (lavra a céu aberto), exploração agropastoril, exploração petrolífera, etc.

O Estado apresenta uma altitude média aproximada de 159 m, apresentando clima Semi-Árido Tropical com temperaturas mínimas de 20°C e máxima de 28°C. A precipitação pluviométrica média anual é de 250 a 1000 mm, dispersos em um grande distorção espaço-temporal, concentrando-se nos meses de março a maio.

Os solos predominantes da região são os Luvissolos crômicos, seguido dos Neossolos, Argissolo, Cambissolo e pequena quantidade de Latossolos. Sendo estes em geral solos jovens com influência do material subjacente. A vegetação predominante por sua vez é a Caatinga com um pequeno restigio de mata Atlântica.

O acidente morfológico predominante é a ampla superfície aplainada degradada, juntamente com a presença de planaltos e baixos platôs, além de morros, baixas serras e tabuleiros.

Segundo o MMA e o IBAMA, o Estado do Rio Grande do Norte está situado numa área de susceptibilidade ambiental a desertificação, no qual cerca de 40% do seu território é desertificado, sendo que 158 dos 167 dos municípios potiguares são atingidos.

No Brasil existem quatro áreas, que são chamadas núcleos de desertificação, onde é intensa a degradação. Elas somam 18,7 mil km² e se localizam nos municípios de Gilbués, no Piauí; Seridó, no Rio Grande do Norte; Irauçuba, no Ceará e Cabrobó, em Pernambuco. As regiões áridas, semi-áridas e subúmidas secas, também chamadas de terras secas, ocupam mais de 37% de toda a superfície do planeta. Mas a sua evolução ocorre em cada lugar de modo específico e apresenta dinâmicas influenciadas por esses lugares.

Sendo núcleo de desertificação determinado sendo as manchas que indicam o horizonte principal do solo fortemente erodido. Sendo que nestes locais a vegetação praticamente não se recupera. Esses núcleos apresentam a tendência de se expandirem, em detrimento das áreas vizinhas (VASCONCELOS SOBRINHO, 1971).

O Estado abrange o núcleo de desertificação do Seridó, correspondendo uma área de 279.602,02 ha, sendo concentrado principalmente nos municípios de Currais Novos, Cruzeta, Acari, Carnaúba dos Dantas, Parelhas e Equador, devido as atividades inadequadas as causas da Desertificação desta área podem ser citadas como sendo: O desmatamento da caatinga para extração de

lenha e argila, uso intensivo dos recursos naturais e sobrepastoreio (superpopulação de animais numa área muito restrita). Estes locais se caracterizam por ter solos rasos e pedregosos (Luvissolo crômico e neossolo Litólico), com baixa capacidade de retenção de água. Em muitos locais, o desgaste da terra provocou o afloramento das rochas, tornando impossível o cultivo agrícola. Para alimentar os fornos das mais de 80 fábricas de cerâmicas que se espalham pela região, à vegetação nativa é desmatada, sem o controle do Ibama.

Além dos principais problemas, tais como:

- Vulnerabilidade às secas, que impactam diretamente a agricultura de sequeiro e agropecuária;
- Fraca capacidade de reorganizar a estrutura produtiva do sertão;
- Desmatamento resultante da pecuária extensiva e do uso de madeira para fins energéticos;
- Problemas graves de desertificação já identificados;
- Sinalização dos solos decorrente do manejo inadequado na agricultura e no pastoreio, resultando em erosão do solo; Perda de dinamismo de atividades industriais e
- comerciais;
- Precária conservação da infra-estrutura rodoviária, gerando ravinamento nos taludes, devido ao escoamento laminar;
- Precário atendimento dos serviços de comunicação;
- Precário sistema de difusão tecnológica;
- Baixa produção científica e tecnológica para as necessidades do semi-árido;
- Deficiência nos níveis de capacitação da mão-de-obra rural, industrial e do comércio;
- Assoreamento de cursos d'água e reservatórios, além da remoção da cobertura vegetal dos mananciais e áreas de recarga;
- Fragilidade institucional;
- Gestão municipal sem planejamento e comprometimento com objetivos a longo prazo.

De modo semelhante aos recursos água e ar, o solo ou mais precisamente a poluição do solo, tem seu controle e fiscalização desenvolvidos pelos órgãos estaduais e no caso de ausência destes, pelo IBAMA, de forma supletiva. Sendo ainda que as três esferas (Federal, Estadual e Municipal) podem atuar intervindo por seus dispositivos legais.

Sendo que cada atividade exploratória apresenta implicações na conservação ambiental, segundo suas respectivas leis vigentes e medidas

atenuantes (mitigadoras). Nas quais podemos citar (Banco do Nordeste, 1999):

• AGROPECUÁRIA (Produção Vegetal e Animal), no caso de métodos de cultivo e praticas inadequadas. Lei 4.771 – 15/09/65 Código Florestal Brasileiro, Lei 7.803 – 18/07/85 – Inclui Reservas Florestais Legais, Lei 8.171 – 17/01/91 – Lei de Política Agrícola (Estabelece a Proteção Ambiental dos Recursos Naturais da propriedade agrícola), Lei 6.938 – 31/08/81 – Estabelece a Política ambiental: determina as APP's como reservas ecológicas, Resolução CONAMA 004/85 Estabelece reservas ecológicas, Lei 6.225 – 14/07/75 – dispõe sobre o Ministério da Agricultura discriminando a execução obrigatória de Planos de Proteção do Solo e de Combate à erosão;

• AGROINDUSTRIA, no caso de localização imprópria para lançamento dos efluentes e disposição dos resíduos sólidos. Lei 4.771 – 15/09/65 Código Florestal Brasileiro, Resolução CONAMA 001/86, Resoluções 20/86 e 357/05 estabelecem classificação e enquadramento da água respectivamente, Lei 9.433 – PNRH, CONAMA 237/97 – dispõe sobre o licenciamento ambiental, Lei estadual (PERH) 6.908/86 do Estado do Rio Grande do Norte;

• INDÚSTRIA (Química orgânica e inorgânica), emissão de efluentes (águas residuárias) com metais pesados em teores ou concentrações inadequados e resíduos solidos (dejetos). Resoluções CONAMA 20/86, 008/90 padroes de emissão de poluentes atmosféricos, 006/88 Licenciamneto ambiental de atividades industriais geradoras de resíduos perigosos.

• CONSTRUÇÃO CIVIL, Planejamento da urbanização e construção, ou seja, uso do solo local e regional de forma de adequação do projeto aos cirtérios do zoneamento de uso e ocupação do solo. Lei 4771 de 15/09/1965, Lei 6766 de 19/12/79 parcelamento do solo urbano e da outras providencias, Resolução CONAMA 001/86 Implementação da avaliação de impactos ambientais.

• INDÚSTRIA DO SAL E CERÂMICA, práticas de exploração inadequadas e intensivas geram a degradação de áreas de mangues, solo (topografia), águas e bioma. Lei Federal 6803 de 02/07/80 Diretrizes básicas sobre o zoneamento industrial em áreas criticas de poluição e dá outras providencias, Lei 1413 de 14/08/75 controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais, CONAMA 001/86, 20/86, 006/88, 005 de 15/06/89 PRONAR, 006 de 17/10/90 obrigatoriedade de registro e de prévia avaliação pelo IBAMA, dos dispersantes químicos empregados nas ações de combate a derrames de petróleo, Normas ABNT – NBR 10004 – Classificação de resíduos.

- MINERAÇÃO (Lavra a céu aberto), Impactos ambientais negativos oriundos dos processos de exploração, implicando conflitos ambientais, além da relação ao uso e ocupação do solo. Lei 4771 de 15/09/65, Lei 6938 de 03/01/67, Decreto-Lei n.° 227 de 28/02/67 Institui o código de mineração, 97634 de 10/04/89 PRAD´s, Resolução CONAMA n.° 009 de 06/12/90, Resolução CONAMA n.° 010 de 06/12/90 licenciamento ambiental prévio, 001/86, 004 18/09/85 Trata de reservas ecológicas, 237 de 19/12/97 licenciamento ambiental de empreendimentos.
- INFRA-ESTRUTURA (SANEAMENTO, ESGOTO, COLETA E TRATAMENTO DE RESÍDUOS), exploração intensiva e inadequada dos recursos naturais, além da coleta e tratamento ineficientes de resíduos. Lei 4771 de 15/09/65, Lei 9433 de 08/01/97 Política Nacional de Recursos hídricos, Decreto-Lei 24.643 de 10/07/34 – Institui o Código das Águas, Resoluções CONAMA 20/86, 001/86, 004/85, 237/97, Portaria 036/90 – Ministério da Saúde – estabelece padrões de potabilidades da água para consumo humano, Lei Federal 5318 de 26/06/67 Institui a Política Nacional de Saneamento, ABNT NBR's 10004 a 10007.
- IRRIGAÇÃO, manejo inadequado ou intensivo das técnicas. Decreto-Lei 24642 de 10/07/34 Código das Águas, 4771 de 15/09/65, Lei 6225 – 14/07/75 Planos de Proteção do Solo e de combate à erosão, 6938 de 31/08/81, 94076 de 05/03/87 Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas, Lei 8171-17/01/91 Lei da Política Agrícola.
- ESTRADAS, técnicas relacionadas a construção possibilitando a degradação do ambiente (bioma), destruição da camada vegetal. Lei 4771/65, Lei 6938/81, Lei 9433/97, Decreto-Lei 24643/34, 227/67, Decreto 97632/89, CONAMA 001/86, 004/85, 006/87, 010/90.

Na desertificação fica claro que os indicadores da degradação das terras devem estar associados a essas atividades exploratórias desordenadas referentes ao uso da terra, sendo estas de natureza física, química e biológica e também – pelas limitações do uso da terra – sociais.

Para estabelecer as áreas propícias à desertificação foram analisados e avaliados os indicadores sugeridos pela ONU 1994 (Agenda 21, em seu capitulo 12, referindo-se ao "Manejo dos ecossistemas frágeis: combatendo a desertificação" segundo a Organização das Nações Unidas), se recomendado às nações com problemas de desertificação os seguintes indicadores:

- População que vive abaixo da linha de pobreza nas áreas secas;
- Índice Nacional de Precipitação Mensal;

- Índice de Vegetação, derivado de imagens de satélite;
- Terras afetadas pela desertificação.

Antes de começar a aplicar os métodos disponíveis no SIG (Sistemas de Informações Geográficas) para efetuar o mapeamento das áreas desertificadas, fez-se necessário trabalhar os arquivos vetoriais com as informações do percentual de pobreza, precipitação mensal média, limites políticos, áreas de susceptibilidade a desertificação e áreas de incidência de secas.

A análise da cobertura vegetal foi realizada com uma imagem LADSAT 7 resolução 30x30m composição colorida 345 e 432, esta deu ênfase a radiação refletida no infra-vermelho próximo (calor), ressaltando-se a presença de umidade na vegetação, além de contrastar aumentando a visualização e interpretação da banda 4 e reduzindo significativamente o contraste da banda 2. O manuseio e interpretação da imagem foi auxilio pelo *SIG Spring e ArcView*. Sendo a imagem disponibilizada pelo Laboratório de Geoprocessamento da UERN (Universidade do Estado Rio Grande do Norte).

Para iniciar o trabalho foi necessário corrigir as projeções, transformando todos os dados vetoriais para uma projeção em comum, a qual foi utilizado projeção UTM SAD 69 ZONA 24S, visando obter os limites do Estado pertencentes ao semi-árido, o mesmo foi feito após a edição do arquivo vetorial contendo todos indicadores nos limites estabelecidos, foram conservadas apenas as informações de cada arquivo vetorial, pertinentes à área de estudo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na metodologia relatada foram gerados os mapas dos indicadores de desertificação do Estado do Rio Grande do Norte, representadas nas Figuras 1 a 7.

Segundo o IBGE (2003), o mapa de pobreza e desigualdade 2003, apresenta os percentuais de pobreza dos municípios no Estado do RN, pertencentes à região do semi-árido, conforme apresentado na Figura 1.

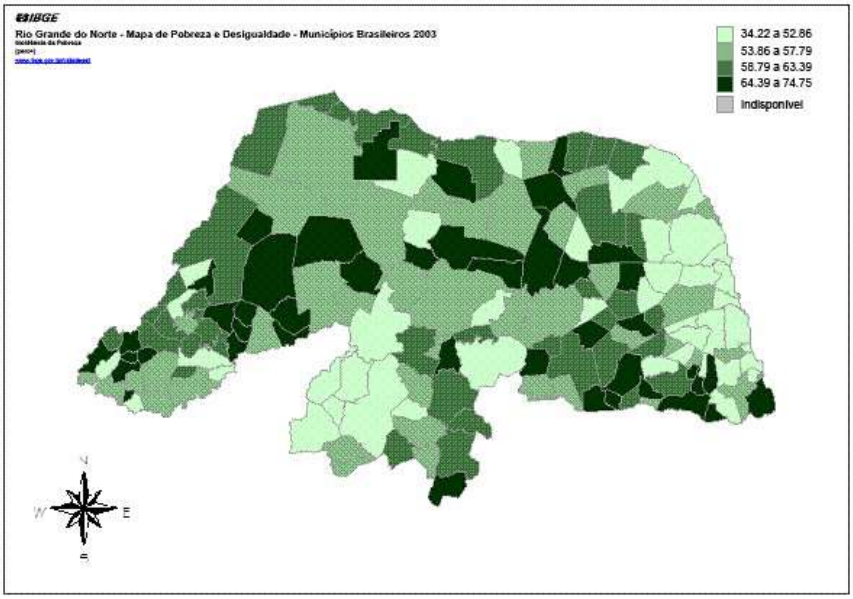


Figura 1. Espacialização dos índices percentuais de pobreza na área de estudo do semi-árido do Rio Grande do Norte.

Este indicador relata como a pobreza limita os investimentos e aumenta a degradação, devido o manejo inadequado dos recursos naturais, que traz como possíveis conseqüências, problemas para a economia das regiões secas. Este fornece ainda informações para o estabelecimento de projetos alternativos de geração de renda e de sistemas de segurança alimentar, orientando decisões em áreas como educação, saúde, arrendamento de terras e descentralização da aplicação dos recursos.

De acordo com os dados do IBGE (2003), verificou-se que o município de Serra Negra do Norte apresentou o percentual mínimo de pobreza com 37,37% da população total, enquanto que o município de Serra do Mel demonstrou o percentual Maximo de pobreza com 74,75% da população total do mesmo. Verificou-se ainda que cerca de 66 municípios apresentam percentual de pobreza acima de 60%, e média de pobreza do Estado de 56,06%.

Para identificar as áreas de seca com população abaixo da linha de pobreza, foi necessário utilizar o banco de dados de áreas com incidência de secas, disponibilizado pelo MMA e IBAMA, conforme descrito na Figura 2.

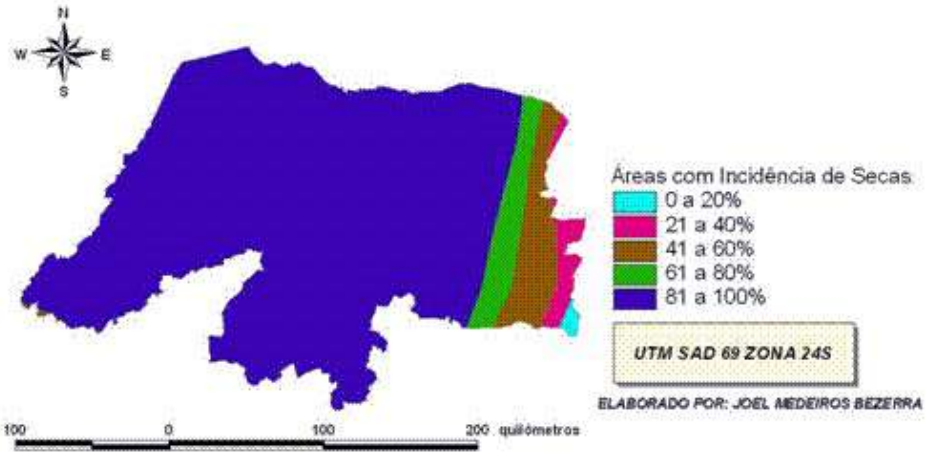


Figura 2. Localização das áreas com incidência de secas do semi-árido do Rio Grande do Norte.

A Figura 3 representa manchas de precipitação mensal média do Estado do Rio Grande do Norte, pertencente à região do semi-árido, adquiridos no banco de dados do Ministério do Meio Ambiente (MMA).

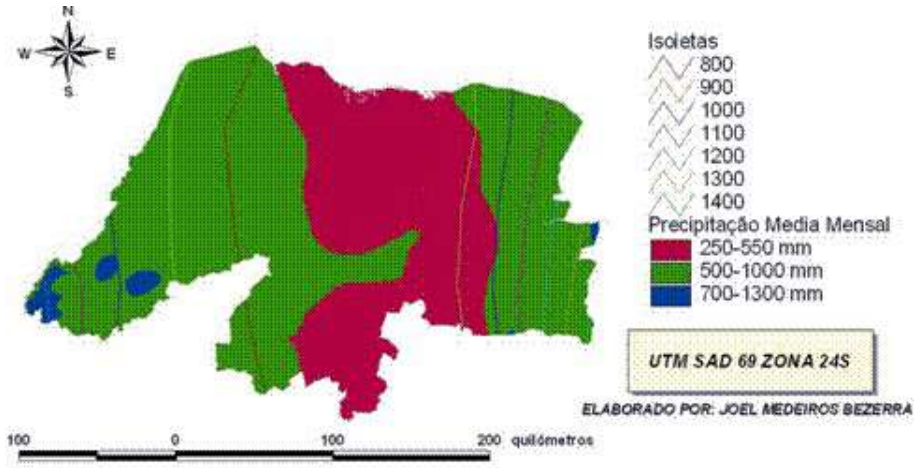


Figura 3. Manchas de precipitação mensal média, juntamente com as isoietas de precipitação do Semi-Árido do Rio Grande do Norte.

Sendo um indicador direto, quantitativo, que mede a disponibilidade de águas pluviais nos países sujeitos à desertificação e à seca, e fornece informações valiosas para o manejo dos recursos hídricos, para o planejamento agrícola e para análises de risco. Sua avaliação é valiosa, também para o estudo das mudanças climáticas e para a elaboração de estratégias de adaptação a essas mudanças.

Por definição, as regiões semi-áridas têm fortes limitações de água doce. As precipitações podem variar consideravelmente ao longo do ano e períodos de seca prolongada podem durar vários anos. Isto proporciona uma adaptação da flora e fauna à disponibilidade de água e umidade nessas regiões.

Percebe-se que cerca de 61,38% das incidências de chuvas apresentam precipitação de 500-1000mm, sendo localizada na mesorregião do Oeste potiguar e nas proximidades da costa litorânea. Enquanto que aproximadamente 36,64% das chuvas apresentam precipitação mínima de 250-550 mm, sendo distribuídas nas mesorregioes do central e agreste potiguar. Ainda apresentando uma precipitação máxima de 700-1300 mm nas microrregiões serranas de Pau dos Ferros, Umarizal e São Miguel.

A área representada na Figura 4 é uma composição colorida RGB 432 da imagem LANDSAT, criada no *SPRING* e manipulada por outros *SIG's*, na qual foi realizado um mosaico de imagens para representar a área abrangente do estudo.

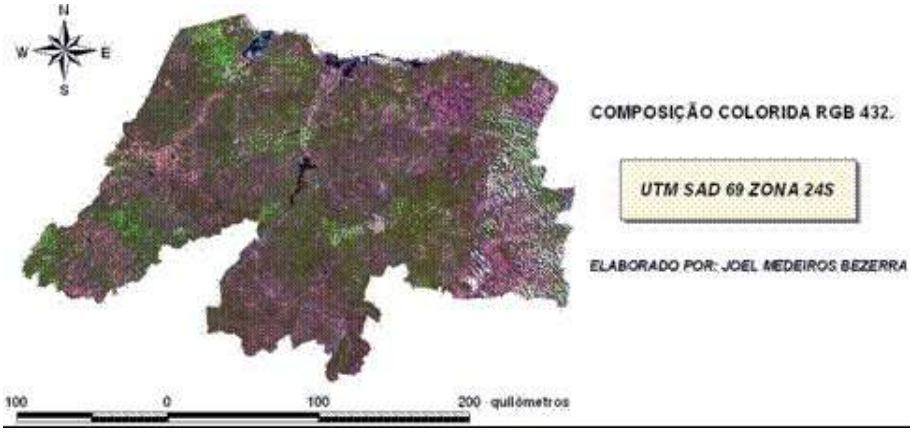


Figura 4. Imagem com composição colorida 432 do Semi-Árido do Rio Grande do Norte

Optou-se pela banda 4 pois representa a região do espectro eletromagnético mais afetado pela vegetação, ou seja infravermelho próximo. Aplicando-se o realce sobre a banda 4, usando o canal R (*Red*) no *SIG SPRING*. Onde as tonalidades mais escuras representam maior densidade da vegetação e mais claras, vegetação menos densa ou escassa, ou seja, analisou-se de forma que quanto mais escuro o tom de vermelho na composição maior a densidade da vegetação existente, enquanto mais próximo do branco tende a ser áreas de solo exposto ou áreas impermeabilizadas.

A prática da monocultura torna as terras improdutivas, as quais logo são abandonadas, devido a restrição da disponibilidade de nutrientes, além da compactação do solo. A destruição da cobertura vegetal protetora, os cultivos errados, o excesso de pastagens, acabam com a vegetação e a estrutura do solo.

A Figura 5 apresenta a imagem utilizada para auxiliar a interpretação da cobertura vegetal da área de estudo.

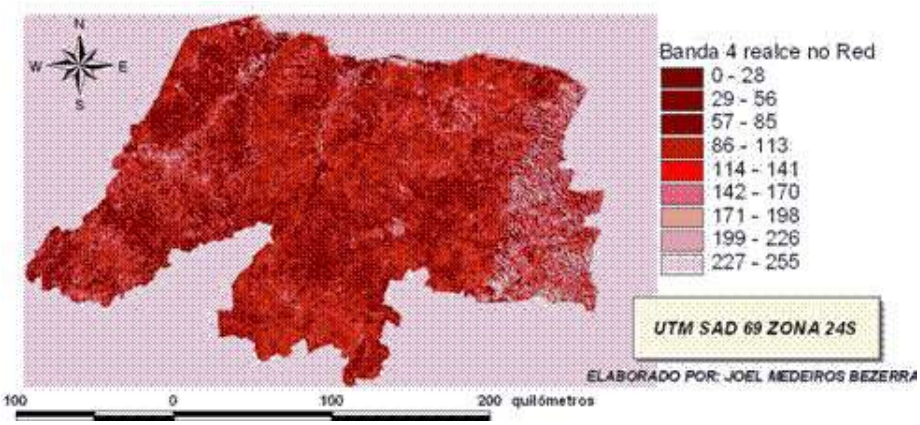


Figura 5. Imagem com composição realçando a banda 4 com nível vermelho, do semi-árido do Rio Grande do Norte.

De acordo com Romeiro (2004), os estudos do IBAMA e MMA, constatou-se que o bioma predominante no semi-árido do Estado do Rio Grande do Norte foi o Caatinga hiperxerófila e hipoxerófila, em que verificou-se ainda a grande predominância de Caatinga Aberta, com presença de atividades agropastoris. Sendo identificado cinco classes distintas, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Classes identificadas na análise da cobertura do solo.

N.°	**CLASSES**
1	Corpos d'agua
2	Vegetação caatinga rala (baixa)
3	Áreas de sobrepastagem
4	Exploração econômica
5	Solos expostos

O Indicador de Terras afetadas pela desertificação foi adquirido no banco de dados do MMA. Este indicador avalia a extensão total e a proporção das terras

secas de um país afetadas pelo processo de desertificação. Ele mostra a severidade e a evolução temporal do problema e avalia a resposta do processo de desertificação aos mecanismos de intervenção, conforme ilustrado na Figura 6.

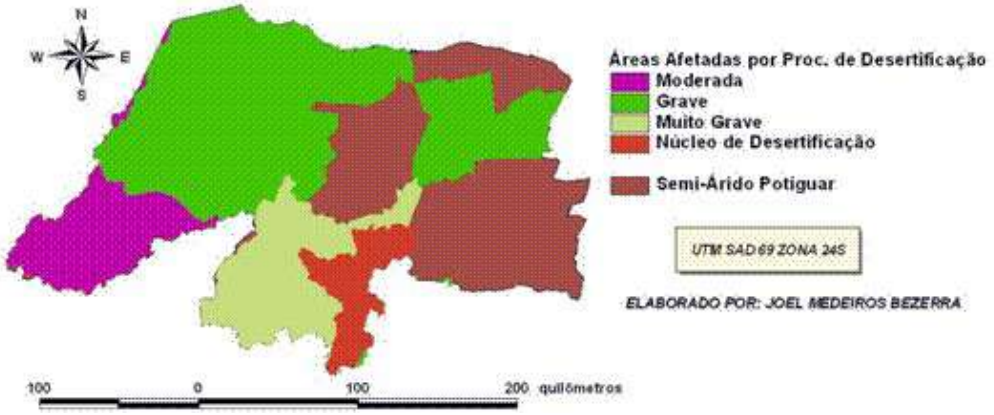


Figura 6. Espacialização das terras afetadas por processos de desertificação, do Semi-Árido do Rio Grande do Norte.

Percebe-se que a região Semi-Árida do Rio Grande do Norte esta sendo afetada por processos de desertificação tanto de ação de fatores naturais, como ação antrópica. Cerca de 58,84% da área total de estudo apresenta-se em estado grave, enquanto os demais representam 18,2%, 14,98% e 7,98% para as áreas em estado muito grave, moderado e núcleo de desertificação respectivamente. Sendo o núcleo de desertificação do Seridó apresenta uma área de aproximadamente 278.146,19 ha.

Os quatro indicadores descritos cobrem a complexibilidade dos processos envolvidos na desertificação. A avaliação do processo de desertificação obteve melhores resultados de tais indicadores quando considerados em conjunto permitindo a integração de informações. Sendo realizado uma análise matemática por meio de ferramentas *SIG*, constando de uma sobreposição de cartas georreferenciados com um *datum* em comum, objetivando-se identificar a área intersecionante, que correspondem às áreas propicias ao alastramento dos processos de desertificação.

A análise dos indicadores em um mesmo plano possibilita verificar que existem determinadas áreas propicias a distintos fatores propícios a processos de desertificação, o que resulta numa importância maior a mesma.

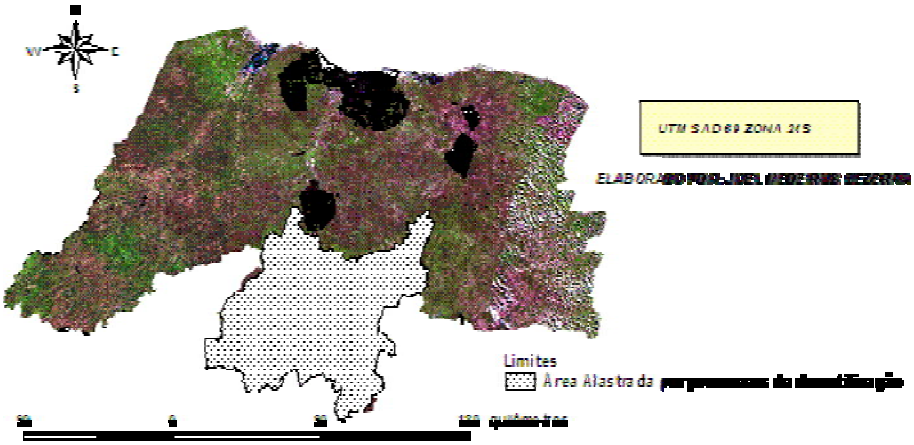


Figura 7. Espacialização das terras propicias ao alastramento dos processos de desertificação, do semi-árido do Rio Grande do Norte.

Verifica-se com auxílio da Figura 7, que representa o resultado da interação de todos os indicadores anteriormente destacados em um mesmo plano, sendo arbitrado área resultante pela intersecção das terras secas com teor de umidade menor que 20%, com precipitação abaixo de 600 mm, percentual de pobreza acima de 60%, cobertura vegetal de solo exposto, exploração econômica e sobrepastagem, e por fim terras afetadas de grave a muito grave grau de degradação dos solos, incluindo o núcleo de desertificação do Seridó, já existente na atual área.

Sendo que os municípios mais propícios aos processos de desertificação são os localizados nas microrregiões de Angicos, Agreste Potiguar, Baixa Verde, Borborema Potiguar, Macau, Mossoró, Médio Oeste, Serra de Santana, além do Seridó Ocidental e Seridó Oriental, os quais são os mais impactados pelos processos de desertificação. Observando ainda uma área total de 1.011.000 ha propícios à desertificação.

Resta a responsabilidade da tríplice esfera de poder (Federal, Estadual e Municipal) no sentido de adotarem técnicas eficientes de monitoramento através de medidas de combate e controle a desertificação, regulamentando as medidas mitigadoras dos processos desertificantes, além da implantação de estratégicas de convivência com as condições agroecológicas e agroflorestais regionais. Neste sentido, a premissa básica na busca por soluções para reverter ou mitigar os processos de desertificação em curso é recuperar as áreas já degradadas e mitigar as atividades geradoras de tal processo.

4. CONCLUSÕES

O uso do Geoprocessamento mostrou-se viável para estudos dessa natureza na região, pois se obtém resultados rápidos, precisos e pouco dispendiosos, extremamente significativos se considerado a carga de informação gerada.

Os quatro indicadores descritos cobrem a complexibilidade dos processos envolvidos na desertificação, permitindo a avaliação do processo de desertificação, com o auxílio dos produtos oriundos da base de dados georreferenciada atuando como apoio ao desenvolvimento e aplicação de medidas mitigadoras dirigidas e espacializadas a esta questão ambiental em particular.

Percebe-se que a região Semi-Árida do Rio Grande do Norte esta sendo afetada por processos de desertificação tanto de ação de fatores naturais, como ação antrópica. Cerca de 58,84% da área total de estudo apresenta-se em estado grave, enquanto os demais representam 18,2%, 14,98% e 7,98% para as áreas em estado muito grave, moderado e núcleo de desertificação respectivamente.

A soma das áreas dos municípios mais propícios aos processos de desertificação resulta em 1.011.000 Ha, o que representa cerca de 19,03% da área do estado do Rio Grande do Norte.

Diante do exposto, conclui-se que o processo de recuperação de uma área desertificada é complexo, pois necessita de ações capazes de controlar, prevenir e recuperar as áreas degradadas sendo de responsabilidade dos órgãos ambientais o planejamento, monitoramento e controle de tais eventos. Paralelamente a estas ações, cabe uma maior conscientização política, econômica e social no sentido de minimizar e/ou combater as ações impactantes e consequentemente o alastramento das áreas desertificadas.

Resta aos indivíduos que usufruem dos recursos naturais, que tenham a conscientização da preservação dos mesmos e de práticas ambientalmente corretas visando o desenvolvimento sustentável e bem estar das futuras gerações, por meio do aumento da produtividade da terra e da reabilitação, conservação e gestão sustentada dos recursos naturais, alem da adequação correta do uso e ocupação do solo.

5. BIBLIOGRAFIA

BANCO DO NORDESTE. **Manual de impactos ambientais**: orientações básicas sobre os aspectos ambientais de atividades produtivas. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1999. 297 p.

BRASIL. **LEI Nº 6.938, DE 31 DE AGOSTO DE 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivi

l_03/Leis/L6938.htm>. Acesso em: 20 ago. 2009.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal(MMA). **Diretrizes para a Política Nacional de Controle da Desertificação**. Brasília, 1998. Disponível em:<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=88>. Acesso em 04 jun. 2009.

CONTI, J. B. O CONCEITO DE DESERTIFICAÇÂO. **Climatologia e Estudos da Paisagem**, Rio Claro, vol.3, n. 2, p. 39 – 52. jul/dez. 2008.

EGLER, C. A. G.; CRUZ, C. B. M.; MADSEN, P. F. H.; COSTA, S. M.; SILVA, E. A. Proposta de Zoneamento Ambiental da Baía de Guanabara. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 26, 2003. p. 127-138. Disponível em: < http://www.laget.igeo.ufrj.br/egler/pdf/zeegb.pdf>. Acesso em 22 mai. 2009.

FERNANDES, A.; BEZERRA, P. **Estudo fitogeográfico do Brasil**. Fortaleza, Stylus Comunicação, 1990. http://www.infoescola.com/geografia/desertificacao/. Acesso em 5 jul. 2009.

FERNANDES, J. I. C. Água no semi-árido nordestino – realidade, gerenciamento e experiências de sucesso. In: DIÁLOGO INTERAMERICANO DE GERENCIAMENTO DE ÁGUAS, 4. Foz do Iguaçu, 2 – 6 set. 2001. **Anais...** Brasília, MMA , 2001. 1CD.

IBAMA. **Desertificação no Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2003. Disponível em <http://www.ibama.gov.br>. Acesso em 22 ago. 2009.

IBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2003). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em 7 jul. 2009.

IBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2007). Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=rn>. Acesso em 10 ago. 2009.

JESUS, A. A. **ENSAIO DE USO DO SISTEMA MONITOR SIGINDES NO NÚCLEO DE DESERTIFICAÇÃO DE GILBUÉS – PIAUÍ**. 2006. 53p. Monografia (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2006. Disponível em: <http://www.iicadesertification.org.br/imagem /noticia/File/Mon_Afranio.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2009.

NIMER, E. Subsídio ao Plano de Ação Mundial para Combater a Desertificação – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Revista **Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v.43, n.3. 1980. p.612-637.

ONU. CNUMAD. **Manejo de ecossistemas frágeis**: a luta contra a Desertificação e a seca. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Poder Executivo, Brasília, DF, 2 ago. 1994. n. 146, seção 1. (Agenda 21).

PAN-BRASIL - **Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca: PAN-Brasil**. – Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos, 2004. Disponível em: <

http://www.iicadesertification.org.br/imagem/noticia/File/Paises_do_Programa/Brasil/Reunioes_do_Plano_de_Acao_Nacional_PAN/PAN_BRASIL.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2009.

ROMEIRO, A. R.; ACCIOLY, L. J. O.; OLIVEIRA, M. A. J. **Avaliação e contabilização de impactos ambientais**: Indicadores de Processos de desertificação – Campinas, SP. Editora da UNICAMP, São Paulo, SP: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2004. 87-123 p.

ROSA, R. **O Uso de SIG's para o Zoneamento: Uma Abordagem Metodológica.** 1995. 214p. Tese (Doutora em Geografia física) Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo/FFLCH/USP, São Paulo, 1995.

SOUZA, M. J. N.; MARTINS, M. L. R.; SOARES, Z. M. L.; FREITAS FILHO, M. R. de; ALMEIDA, M. A. G. de; PINHEIRO, F. S. A.; SAMPAIO, M. A. B.; CARVALHO, G. M. B. S.; SOARES A. M. L.; GOMES, E. C. B.; SILVA, R. A. Redimensionamento da Região semi-árida do Nordeste do Brasil. In: CONFERÊNCIA NACIONAL E SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DA DESERTIFICAÇÃO. Fortaleza, 7-11. Mar. 1994. **Anais...** Brasília, Fundação Grupo Esquel Brasil, 1994. p. 383-404.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON DESERTIFICATION (UNCOD). 29 Aug. – 9 Sept., Nairobi, 1977. World map of desertification; at a scale of 1:25000000. Explanatory Note. Rome, FAO/UNECO/WMO, 1977. 10p. In: JESUS, A. A. Ensaio de uso do sistema monitor sigindes no núcleo de desertificação de Gilbués – PIAUÍ. 2006. 53p. **Monografia** (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2006. Disponível em: <http://www.iicadesertification.org.br/imagem/noticia/File/Mon_Afranio.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2009.

VALLADARES, G. S.; FARIA, A. L. L. Sig na Análise do Risco de Salinização na Bacia do Rio Coruripe, AL. **Engevista**, v. 6, n. 3, p. 86-98, dez. 2004. Disponível em: <http://www.uff.br/engevista/3_6Engevista7.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2009.

VASCONCELOS S, J. **O grande deserto central brasileiro**. In: As regiões naturais no nordeste, o meio e a civilização. Recife, CONDEPE, 1971.

PKS PUBLIC KNOWLEDGE PROJECT

REVISTA DE GEOGRAFIA (UFPE)
www.ufpe.br/revistageografia

OJS OPEN JOURNAL SYSTEMS

USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO AMBIENTAL DA DETERIORAÇÃO DO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ

Joel Medeiros Bezerra[1], Paulo Cesar Moura da Silva[2], Rafael Oliveira Batista[2], Alex Pinheiro Feitosa[3]

[1]Mestrando em Engenharia Agrícola pela UFRPE, Departamento de Tecnologia Rural - DCAT, e-mail: joel_medeiros@oi.com.br Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE - CEP: 52171-900 | Fone: (81) 9767.5643
[2]Prof. Dr. Adjunto, UFERSA, Departamento Ciências Ambientais e Tecnológicas - DCAT, e-mail: paulo.moura@ufersa.edu.br, eng.batista@gmail.com Av. Francisco Mota, s/n, Mossoró-RN - CEP: 59.600-970.
[3]Mestrando em Engenharia Sanitária pela UFRN, e-mail: alexrn44@hotmail.com Natal-RN.

Artigo recebido em 20/05/2011 e aceito em 20/09/2011

RESUMO
A elaboração do diagnóstico ambiental de uma área deve descrever a situação real em que se encontram os recursos naturais renováveis naquele determinado espaço geográfico. Este estudo teve o objetivo de realizar o diagnóstico ambiental do índice de deterioração do município de Mossoró, de modo que servisse de aporte para futuras ações de recuperação nestas áreas mais agravantes. Adotou-se como base a metodologia adaptada de ROCHA, 1997 e KURTZ, 2001, em que foi determinada a equação de deterioração ambiental baseada em atributos quantitativos e qualitativos no ambiente, no processo de levantamento dos parâmetros ambientais foram analisados hidrografia, pedologia, cobertura vegetal, malha viária, ocupação urbana, atividades exploratórias econômicas, sendo todos os parâmetros interpretados e usados em UTM/SAD 69 Zona 24S. Para a determinação das áreas deterioradas utilizou-se a modelagem numérica dentro de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), alimentado com os valores dos atributos da equação. Como resultados, observou-se que as salinas, poços de petróleo e atividades antrópicas são os principais causadores dos processos erosivos observados. A deterioração calculada para as classes alta, moderada e baixa foi de 22,90%, 67,38% e 9,73% respectivamente. Constatou-se que a metodologia utilizada nesse estudo mostrou-se satisfatória dentro dos parâmetros estabelecidos.
Palavras-chave: deterioração ambiental, sistemas de informações geográficas, geotecnologias.

USE GEOTECNOLOGIES FOR ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF THE MOSORRÓ CITY

ABSTRACT
The elaboration of the environmental diagnosis of an area should describe the real situation in that meet the renewable natural resources in that determined geographical space. This study had the objective of accomplishing the environmental diagnosis of the index of deterioration of the municipal district of Mossoró, so that it served as contribution for future recovery actions in these more aggravating areas. It was adopted as base the adapted methodology of ROCHA, 1997 and KURTZ, 2001, in that was certain the equation of environmental deterioration based on quantitative and qualitative attributes in the atmosphere, in the process of rising of the environmental parameters hidrography were analyzed, pedology, vegetable covering, highways, urban occupation, economical exploratory activities, being all the interpreted parameters and used in UTM/SAD 69 Zone 24S. For the determination of the deteriorated areas the numeric modelling was used inside of a System of Geographical Information (SIG), fed with the values of the attributes of the equation. The saline ones, oil wells and activities antrópicas are the principal caused of the observed erosive processes. To deterioration calculated for the classes discharge, moderate and it lowers it was of 22,90%, 67,38% and 9,73% respectively. It was verified that the methodology used in that study it was shown satisfactory inside of the established parameters.
Keywords: environmental deterioration, systems of geographical information, geotecnologies**.**

INTRODUÇÃO

O uso inadequado dos recursos naturais contribui para a degradação do bioma caatinga, sendo frequente o aparecimento de áreas desertificadas, e conseqüente deterioração da qualidade de vida da população.

A degradação, principalmente nos níveis mais graves, provoca impactos sociais, econômicos, culturais, políticos e ambientais, que se relacionam entre si e que ao longo dos anos vêm se intensificando, o que tem reduzido à cobertura vegetal e, consequentemente, produzindo severos danos aos solos (erosões nas diversas formas).

De acordo com Sousa et al. (2007) para que os riscos de degradação das terras sejam reduzidos é necessário utilizar técnicas que identifiquem as atividades mais rentáveis para a região e que possibilitem uma convivência harmoniosa entre o homem e o meio ambiente, ou seja, técnicas ecologicamente favoráveis à exploração agrícola e pecuária, uso e ocupação do solo, sendo ambas economicamente viáveis e ambientalmente sustentáveis, ou seja, é necessário um planejamento adequado do uso do solo, que seria a busca por uma ocupação ordenada e sustentável do meio físico de modo que o mesmo não sofra alterações negativas ou pelo menos que sejam minimizadas. Este planejamento precisa comportar as necessidades humanas, da fauna e da flora para que todos possam viver em equilíbrio.

Segundo ROCHA (1997) os recursos naturais são componentes próprios ou vinculados aos parâmetros: ar, água, solo/rocha, vegetação e fauna silvestre, que o homem utiliza para sobreviver. A ação antrópica tem utilizado os recursos de maneira insustentável, podendo chegar ao extremo de extingui-los. O autor coloca ainda que qualquer recurso natural renovável, se deteriorado a mais de 10% da sua unidade básica, não se recompõe naturalmente. Fica nítida a importância da conscientização do homem com relação à questão ambiental, visto que se não mudar seu comportamento estará contribuindo para sua própria extinção.

Conforme MELLO FILHO (1999) a deterioração da terra como sendo o resultado de ações antrópicas, pode ser definida como toda e qualquer mudança permanente ou irreversível na estrutura e funções dos recursos naturais da terra ou sua perda. Mudanças que são causadas por alterações de natureza física, química e biológica ou tensões antrópicas induzidas por seres humanos que excedem a capacidade de uso destes recursos naturais.

O estudo do ambiente restringe-se a dois tipos de áreas: áreas urbanas e áreas rurais. O homem tem por tradição deteriorar o

ambiente. Indiscriminadamente, polui o ar, destrói as florestas, a fauna, as águas e os solos pelo mau uso de técnicas agrícolas e pecuárias (fogo, agrotóxicos), entre centenas de ações inadequadas ao ambiente. A deterioração física, sócio-econômica e ambiental é hoje uma realidade constante nas bacias hidrográficas do país. Como conseqüência a esta deterioração desvairada a natureza responde com erosões, secas, enchentes, doenças e a miséria generalizada. Para corrigir o ambiente deteriorado fazse necessário planejar a tradicional unidade ambiental de planejamento: a bacia hidrográfica.

Atualmente os estudos de planejamento e gestão utilizam como unidade básica de trabalho as bacias hidrográficas, e na medida em que estes estudos precisam solucionar os problemas de deterioração da qualidade ambiental e de desenvolvimento antrópico descontrolado, torna-se necessário também os estudos de uso e ocupação da terra atualizados. Na tentativa de combater os aspectos negativos do mesmo, as autoridades desenvolveram vários dispositivos legais.

Em virtude das modificações e degradações decorrentes das ações antrópicas e seus efeitos, não se pode pensar no desenvolvimento sem condicioná-lo a um adequado planejamento ambiental, de modo que se possam minimizar os impactos ambientais negativos, estabelecendo o manejo adequado dos recursos naturais. O zoneamento ambiental apresenta-se como uma importante ferramenta no auxílio ao planejamento, pois ajuda a identificar as deficiências e as virtudes ambientais da área zoneada, indicando se a mesma pode ou não comportar determinada atividade, orientando o desenvolvimento sustentável dos recursos naturais.

As geotecnologias, que utilizam técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas, têm influência de maneira crescente na análise de recursos naturais, principalmente se baseadas em tecnologias de custo relativamente baixo (CÂMARA e MEDEIROS, 1998). Para analisar de forma prática e precisa os impactos sobre os recursos naturais é necessário utilizar ferramentas que permitam trabalhar com um grande volume de informações de forma confiável e objetiva. Tais ferramentas devem permitir o tratamento simultâneo das informações, bem como tratá-las simultaneamente o seu inter-relacionamento, assim como o monitoramento das variáveis a serem analisadas. Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são ferramentas que atendem a essas especificações, subsidiando a pesquisa na atualização e confecção de banco de dados ou na

produção de mapas temáticos, reunindo num mesmo ambiente informações para a caracterização da área em estudo.

Quando aplicado em estudos de avaliação ambiental, o SIG é uma ferramenta eficiente e eficaz contribuindo, não somente para um melhor planejamento do uso do solo e da água em áreas impactadas (Carneiro, 2003; Garcia et al., 2006; Moraes, 2000), mas também para auxiliar no processo decisório quanto à área de intervenção. O uso desta tecnologia permite, portanto, um estudo contínuo e evolutivo de determinada situação, integrando diferentes dados e transformando-os em informações atualizadas (Moraes et al., 2006).

A finalidade de um processo de avaliação ambiental é o balizamento dos processos de gerenciamento e monitoramento ambientais que mereçam ser realizados, tendo como base de comparação o cenário-alvo pretendido, em todas as suas versões temporalmente atualizadas mediante o conhecimento sistemático e gradativo da realidade.

Rocha & Kurts (2001) comentam que, de acordo com os diagnósticos são elaborados prognósticos que são indicadores para a melhoria de vida dos habitantes da área em estudo. O diagnóstico é realizado com o objetivo de se conhecer os problemas que afetam uma população, através de observações, questionamentos, análises e interpretações dos recursos naturais renováveis com relação à qualidade de vida. O prognóstico é a previsão ou a suposição sobre o que deve acontecer em uma comunidade se esta se submeter às recomendações técnicas de melhoria de vida, as quais são formuladas pela interpretação dos diagnósticos.

A falta de informações sobre o problema da degradação das terras, principalmente nos solos, do município de Mossoró somada, ainda, a áreas de proteção permanentes suscetíveis à exploração pelas mais variadas atividades, por inexistir uma proposta de zoneamento no município que ressente da falta de um planejamento participativo para direcionar suas ações, pela necessidade de preservar os recursos naturais, o tornou um dos municípios mais comprometidos pela deterioração ambiental no estado do Rio Grande do Norte, sobretudo pela grande quantidade de solo exposto provenientes de atividades desenvolvidas sem práticas de conservação dos solos, caracteriza a importância do estudo.

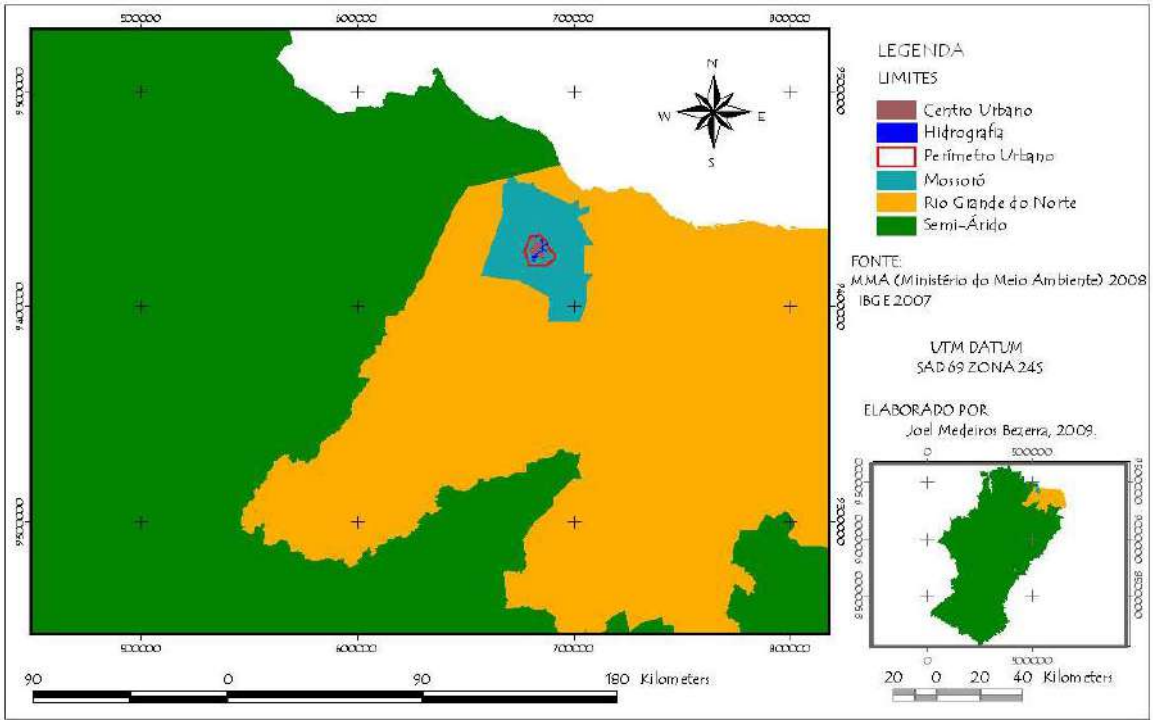
Em virtude do exposto, pretende-se elaborar um diagnostico ambiental detectando, espacializando e quantificando o grau de deterioração do município de Mossoró, utilizando geotecnologias e sistemas de informações geográficas como base para a obtenção de um modelo

aceitável da degradação do ambiente existente.

MATERIAL E MÉTODOS

O município de Mossoró, com uma área de 2.110 km2, está localizado na mesorregião do Oeste Potiguar, Estado do Rio Grande do Norte, sendo delimitado seu centróide pelas coordenadas UTM SAD 69 zona 24, nos seguintes pontos 685285,56 e 9426911,26. A altitude média de seu território é de aproximadamente 16 metros. A seguir verifica-se a localização do município de Mossoró com relação ao estado do Rio Grande do Norte (Figura 1).

Figura 1. Localização da área de estudo, em relação ao estado.



O clima semi-árido é quente e seco com distribuição irregular das chuvas em curtos períodos e estação seca prolongada, caracterizando-se por apresentar temperaturas médias anuais em torno de 27,4 ºC e uma média pluviométrica de 695,8 mm/ano, apresentando umidade relativa média de 70%, com 2.700 horas de insolação por ano.

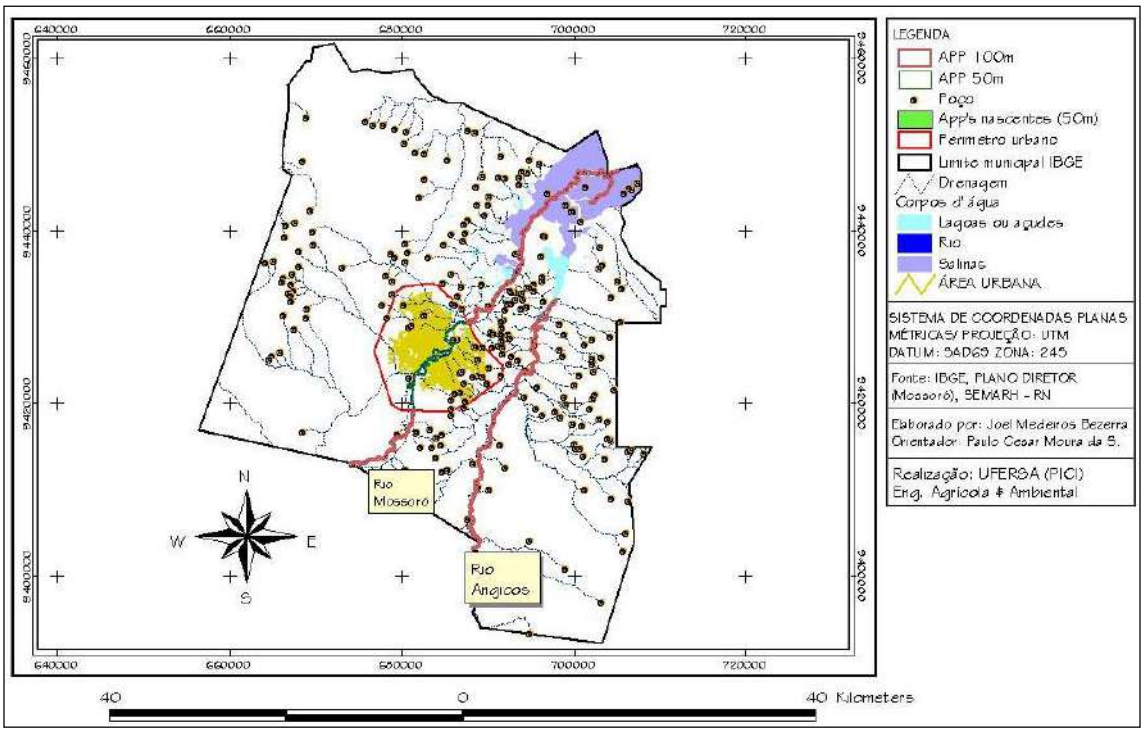
A vegetação predominante é do tipo caatinga hiperxerófila. Atualmente, toda cobertura vegetal vem sendo explorada de forma desordenada, dando suporte aos rebanhos bovino e caprino, além da ocupação urbana e demais atividades antrópicas, o que tem conduzido algumas áreas, principalmente aquelas mais exploradas, a um processo de

desertificação inicial e moderado, derivado pela exposição da camada superficial do solo.

De acordo com EMBRAPA (1999), os solos encontrados na área foram: Cambissolo Háplico, Chenossolo rendzico, Gleissolo Sálicos e latossolo Vermelho Amarelo.

A área é cortada por vários rios e riachos, todos de caráter intermitente, sendo o principal, o rio Apodi-Mossoró, o qual faz parte da bacia do Atlântico Nordeste Oriental, ver Figura 2.

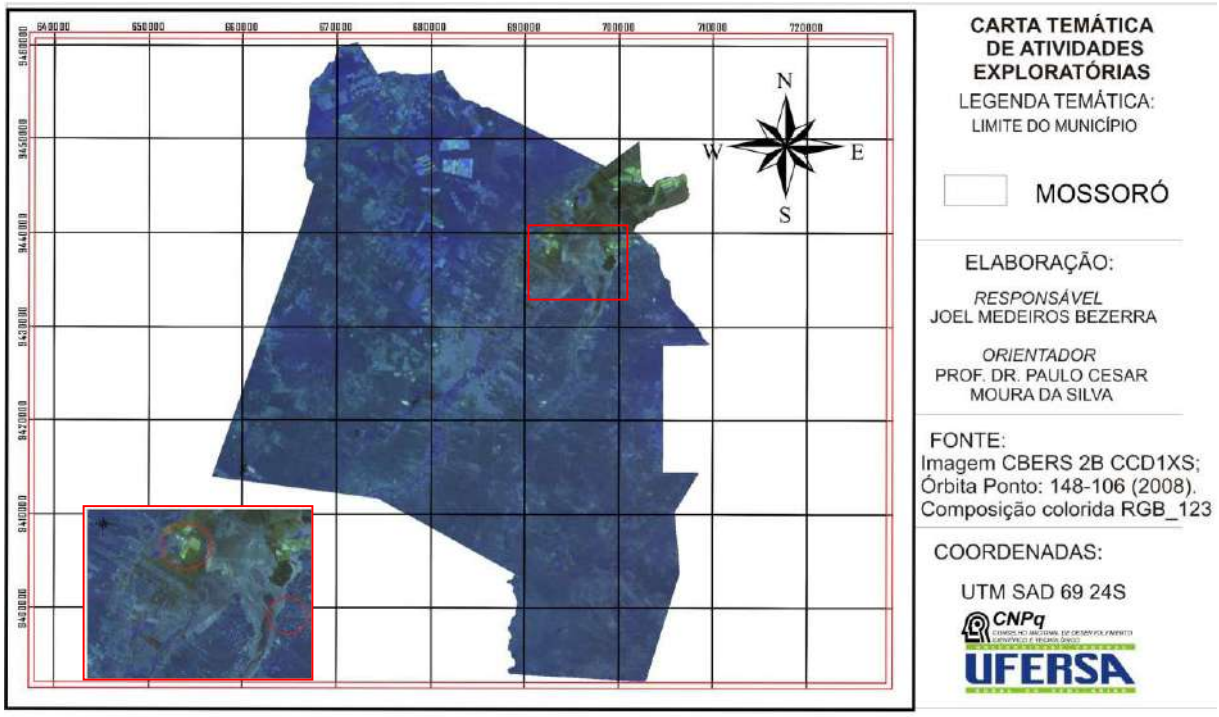
Figura 2 - Delimitação da área urbana do município de Mossoró e seus corpos hídricos.



A região apresenta várias atividades reconhecidamente impactantes e degradadoras do ambiente, além da ocupação desordenada da população nas proximidades de planicíes inundavéis, onde estas deveriam ser restritas a Áreas de Proteção Permanente (APP), presenciando-se ainda a ação da remoção da vegetação nativa existente nas margens dos corpos d'água, propiciando ao assoreamento dos mesmos e futura degradação dos solos nas proximidades dos leitos dos rios, com possivéis problemas de salinização de áreas, além das comunidades no entorno dos corpos d'água depositarem resíduos e efluentes sem tratamento, contaminando o mesmo. Observa-se ainda na Figura 3 a presença de atividades antrópicas de exploração mineral de petróleo e áreas de campo de salinas (norte a nordeste), além de atividades voltadas a produção agrícola com áreas com fruticultura irrigada

situada a leste, onde percebesse a presença acentuada de talhões com formatos regulares.

Figura 3 - Carta temática de atividades exploratórias do município de Mossoró.



Estrutura do modelo de deterioração ambiental

Para o estudo foram levantados dados referentes ao clima, relevo, vegetação, caracterização dos solos, recursos hídricos, cartas topográficas, entre outros sendo disponibilizados por órgãos públicos e autarquias governamentais, tais como: EMBRAPA, CPRM, IBGE, SEMARH/RN e DSG, além de cartas do arquivo da antiga SUDENE e imagens orbitais multiespectrais (todas as bandas do satélite CBERS 2B - sensor CCD) datadas dentro do período de estudo, referentes à órbita 149, ponto 106 e 107, que foram analisadas com base no processamento digital de imagens, que forma analisadas com base no processamento digital de imagens, além de reconhecimento em campo.

A metodologia utilizada foi desenvolvida inicialmente por ROCHA (1997), sendo adaptada por KURTZ (2001), a qual foi modificada ajustando-se as necessidades do levantamento que foi desenvolvido no município de Mossoró.

A metodologia baseia-se na determinação da equação de deterioração ambiental, sendo está representado pela equação da reta (Eq. 1). Para determinação desta foram selecionados 35 pontos georreferenciados distribuídos de forma

aleatória, para aplicação dos parâmetros e valores ambientais utilizados na determinação das áreas deterioradas, forma uma malha (grid) sobre a área de estudo, almejando abranger todas as situações presentes.

$$Y = ax + b \quad (1)$$

em que: *Y* representa a unidade critica de deterioração ambiental obtida para cada ponto; *x* indica o valor para cada ponto, obtido a partir da aplicação da soma dos critérios ambientais definidos; *a* e *b* representam os coeficientes da equação de deterioração ambiental.

Decidiu-se por avaliar os seguintes parâmetros ambientais, que foram levados em consideração para elaboração dos critérios de deterioração ambiental, julgando que os mesmos são representativos das atividades desenvolvidas na área, ver Tabela 1, além dos intervalos dos pesos adotados para as atividades e características da área de estudo.

Tabela 1 - Parâmetros e valores ambientais utilizados no estudo da deterioração ambiental.

PARÃMETRO	VALOR
Atividades Exploratórias Econômicas	1→7
Cobertura Vegetal	1→5
Malha Viária	1→5
Hidrografia	1→5
Relevo	1→4
Solos	1→6
Ocupação Urbana	1→6
Total	∑ mínimo = 7 ∑ máximo = 38

Para os valores mínimos (∑ mínimo = 7)

Tem-se:

Quando $x = 7 \rightarrow y = 0\%$; então $\rightarrow ax + b = 0 \rightarrow 7a + b = 0$

Para os valores máximos (∑ máximo = 38)

Tem-se:

Quando $x = 38 \rightarrow y = 100\%$; então $\rightarrow ax + b = 100 \rightarrow 38a + b = 100$

Resolvendo o sistema linear de equações, tem-se:

$$\begin{cases} 7a + b = 0 \\ 38a + b = 100 \end{cases} \quad (I)$$

$$\{31a = 100 \quad (II)$$

$a = \frac{100}{31}$∴

$a = 3{,}23$ (III)

Substituindo o valor de ***a*** encontrado, em uma das equações no passo I, tem-se:

7 x (3,23) + b = 0 (IV)

b = -22,61

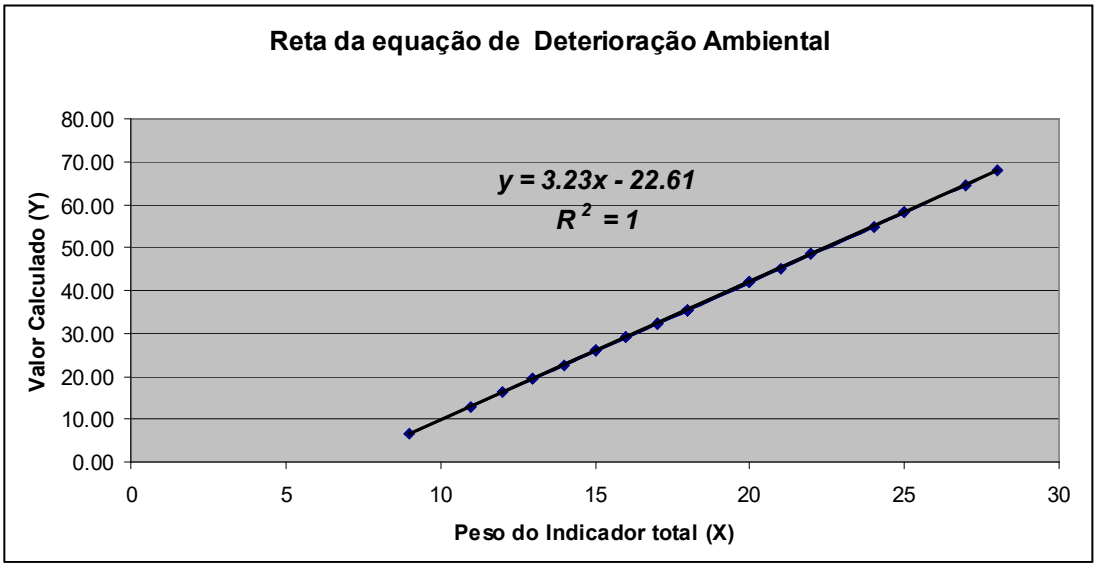
Sendo a = 3,23 e b = -22,61

A Equação de deterioração resultante das condições apresentadas neste estudo é apresentada na equação 2.

$Y = 3{,}23x - 22{,}61$ (2)

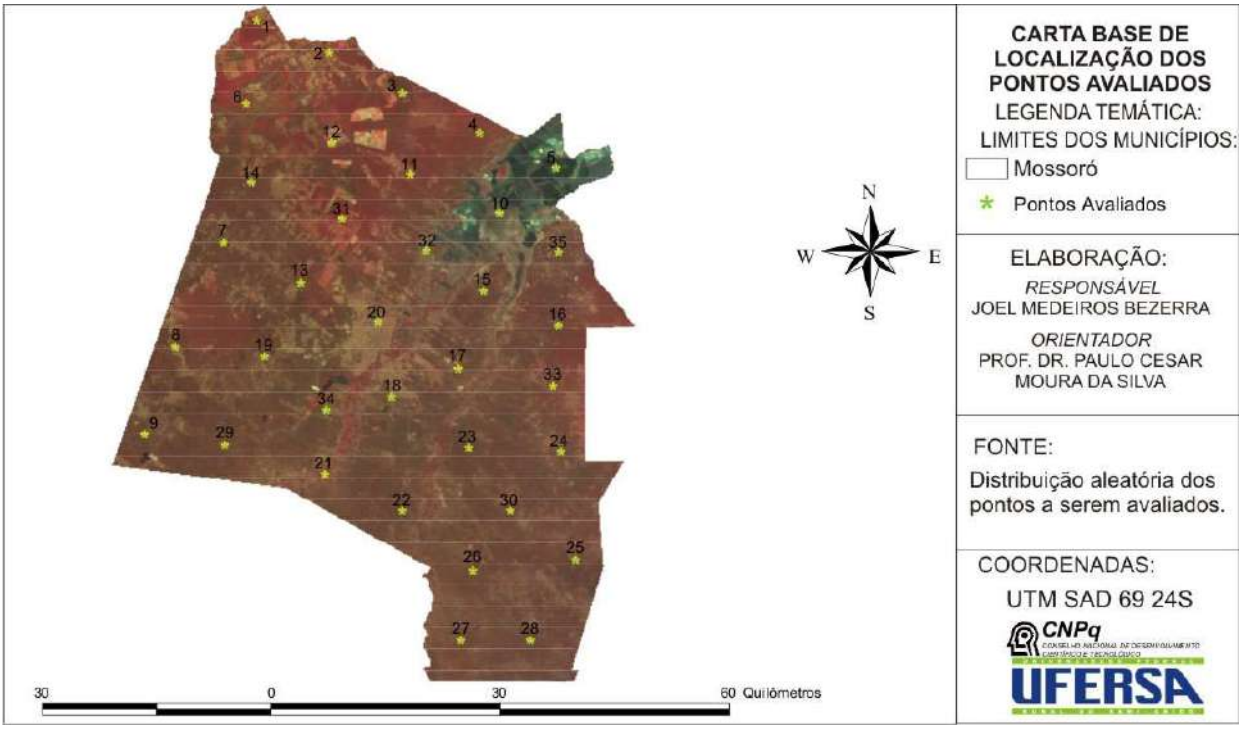
Logo em seguida, através desta equação, permitiu-se calcular o valor de "*Y*" em função do somatório dos parâmetros de cada indicador "*x*" o valor calculado de "*Y*", definindo-se as classes de deterioração ambiental a partir da modelagem digital, realizada com o modulo de interpolação *SPLINE* de dados existente no *SIG*, o qual propiciou a produção da carta de zonas (manchas) de deterioração ambiental em toda a área estudada. Este processo foi realizado por meio de sistema computacional especializado em modelagem numérica, neste caso os níveis de deterioração e de impacto ambiental dentro das áreas avaliadas, dividindo-se em três classes em ordem crescente de deterioração ambiental, sendo estas, baixa, moderada e alta deterioração ambiental. Sendo o gráfico da equação da reta representada da seguinte forma (Figura 4):

Figura 4 Gráfico da representação da disposição linear da equação obtida de acordo com os indicadores.



A seguir tem-se a disposição espacial dos pontos avaliados para análise da deterioração ambiental (Figura 5).

Figura 5 - Carta base representando a distribuição aleatória dos pontos avaliados para estabelecer à deterioração ambiental da área do município de Mossoró.



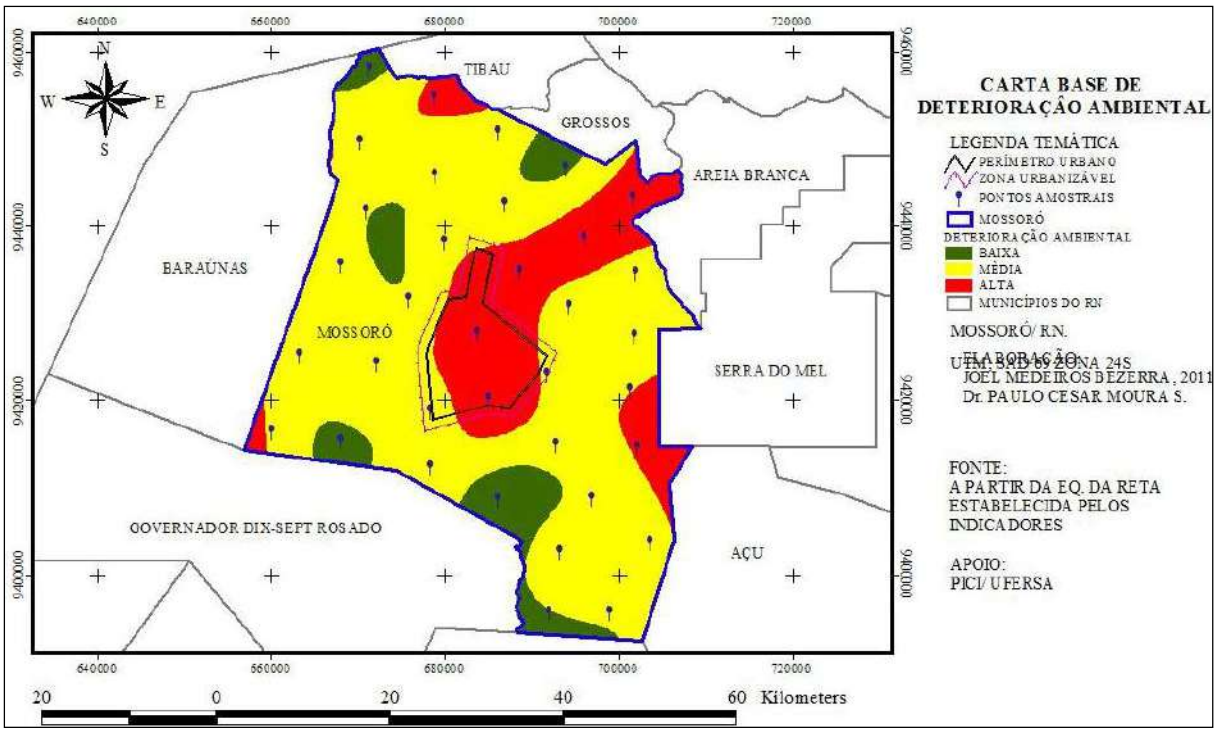
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir tem-se a disposição espacial das classes de zonas avaliadas pela deterioração ambiental (Figura 6). O mapa da deterioração ambiental demonstra que as áreas de maior incidência de degradação estão nas proximidades do perímetro urbano, dos campos de salinas, poços de exploração de petróleo, explorações de calcário assim como a agricultura irrigada (propicia a salinização), locais que se caracterizam pela extrema degradação ambiental.

De acordo com SILVA *et al* (2008) a atividade salineira encontra-se em sua maioria às margens do Rio Apodi-Mossoró, provocando o desmatamento da mata ciliar original e de manguezais (área de proteção permanente) que atuam como berçários para a reprodução de crustáceos e peixes. Dessa forma, estes ecossistemas desmatados ficam fragmentados e desprotegidos, causando a perda da

biodiversidade, bem como provocando o assoreamento do leito do rio.

Figura 6 - Carta temática referente às classes de deterioração ambiental da área do município de Mossoró.



Esta atividade desenvolve um papel altamente degradador do ambiente uma vez que foi instalada praticamente em todas as margens da foz do rio Apodi-Mossoró, provocando uma série de tensões e danos ambientais como o desmatamento do ecossistema manguezal e sua conseqüente fragmentação, salinização e assoreamento do rio Apodi-Mossoró, dentre outros problemas ambientais.

Além disso, a atividade impacta também o próprio curso d'água com a deposição das águas-mães com elevado teor salino, e provoca a inutilização do solo e a redução ou substituição da vegetação nativa por vegetação exótica, inviabilizando práticas agrícolas sustentáveis no território dos municípios.

As condições climáticas da região favorecem a produção de sal marinho por evaporação, esta facilidade desencadeou a invasão da atividade salineira sem a preocupação de se fazer um planejamento de uso e ocupação do solo, e hoje identificamos os resultados negativos desse ato.

Em virtude da falta e ou ineficiência do saneamento básico, alguns bairros e

comunidades sem saneamento básico, destinam seus resíduos (esgotos não tratados) diretamente nos corpos d'água, aumentando demasiadamente a poluição e inviabilizando usos de destinação primários (dessedentação, consumo animal, lavagem, etc), além dos fins pesqueiros e de extração de crustáceos.

A atividade petrolífera tende a aumentar os riscos de poluição por petróleo na bacia hidrográfica do Apodi-Mossoró, acelerando o processo de desmatamento, pois cada poço perfurado exige uma área desmatada completamente desde incluindo vias para manutenção dos poços e instalações adicionais. Onde se verifica, por meio de imagens de satélite, aglomerados de campos de poços perfurados ou em processo de perfuração.

Nota-se ainda a presença de alta deterioração no centro urbano do município, o que implica dizer que toda ou quase toda a área do mesmo foi impermeabilizada devido ao crescimento imobiliário horizontal da zona urbana, além dos esgotos domésticos propícios desse crescimento, ainda sem tratamento adequado destinado.

Identificaram-se várias áreas de assentamentos e comunidades (aglomerados de pequeno a médio porte), que estão realizando atividades de exploração de caráter agropastoril familiar.

Ainda presenciou-se através de imagens de satélite o crescimento das explorações agropastoris, verificando-se a existência de grandes áreas de monocultura do melão irrigado. Além áreas de exploração de materiais minerais industriais tais como derivados do calcário, por exemplo, presença de afloramentos, o que indica a ação de britadores, além da remoção de areia lavada nas proximidades dos leitos dos corpos d'água causando o assoreamento dos rios.

As percentagens das áreas que apresentaram alta, moderada e baixa deterioração ambiental foram respectivamente de 22,90%, 67,38% e 9,73%. Logo cerca de 90,28% da área de estudo indicou deterioração alta ou moderada, ou seja, com indícios de risco de deterioração atenuantes sobre o meio, sendo estas coincidentemente influenciadas por salinas, poços de petróleo, fruticultura irrigada, resumindo ações antropogênicas com implicações de riscos ambientais.

Dos 35 pontos dispostos amostralmente na área de estudo apresentou-se deterioração mínima e máxima respectivamente de 6,46% e 67,83%, ainda verificou-se uma deterioração média de valor 35.81% e mediana de valor 35,53%, sendo admitido um desvio padrão de 14,13%.

Percebeu-se que as áreas de baixa deterioração localizaram-se nas

imediações do limite municipal, ainda nas proximidades do rio Apodi – Mossoró já centrada na zona rural do município, sendo regiões de pouca ou sem exploração antrópica, sendo as comunidades ou assentamentos existentes praticantes do sistema de agricultura familiar, caracterizado por baixa impactação ambiental quando comparado com sistemas agroindustriais.

Portanto, os resultados apresentados são corroborados com os estudos de ROCHA & KURTZ (2001) onde os conflitos de uso das terras são os maiores responsáveis pelas erosões, assoreamentos de rios, barragens, açudes, enchentes e efeitos das secas, em geral pela degradação dos recursos naturais. Os conflitos são conseqüências do uso incorreto dos solos, não respeitando a aptidão agrícola ou a capacidade de uso das terras.

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Os resultados apontam a necessidade de um planejamento e acompanhamento criterioso destas áreas, em ralação ao uso do solo e ocupação das terras. Um manejo racional adequado dos recursos naturais, com a recuperação das áreas deterioradas poderá garantir sustentabilidade e reduzir a deterioração.

Os desmatamentos ilegais têm causado a fragmentação dos ecossistemas florestais, deixando-os isolados e desprotegidos, causando a perda da biodiversidade, além disso a falta de controle da erosão pode provocar o assoreamento do leito do rio. Some-se a isso a pressão exercida pela exploração petrolífera, o que aumenta o desmatamento das sub-bacias hidrográficas e os riscos de poluição, que antes da exploração inexistiam.

Por fim verifica-se que a técnica adotada com auxilio da ferramenta do geoprocessamento se mostrou um importante suporte em estudos desta natureza, pois tratar-se de uma ferramenta de análise espacial de fácil interpretação e muito importante para o planejamento e tomada de decisão relativa às questões ambientais.

Espera-se que este estudo sirva de apoio para tomada de decisões por parte dos gestores municipais, estaduais e federais, subsidiando as futuras ações mitigadoras, além do planejamento visando minizar tais impactos adversos ao ambiente. Uma vez, que para a maior parte dos governos, o ambiente é um fator a ser dominado e aproveitado e não um fator controlável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CÂMARA, G; MEDEIROS, J. S. Princípios Básicos em Geoprocessamento. In: SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS. APLICAÇÕES NA AGRICULTURA/ Editado por Eduardo Delgado Assad;

Edson Eyji Sano – 2 ed., e ampl.- Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CPAC, 1998. xxviii, 434p. il.

CARNEIRO, P.H. Aplicação do Geoprocessamento na localização de empreendimentos carnicicultores no Maranhão. Disponível em: <http://www.Fatorgis.com.br, 2003>. Acesso em: 18 setembro 2008

EMBRAPA. Classificação de Solos, 1999. Disponível em: <http://www.cnps.embrapa.br/>. Acesso em: 16 maio 2009.

GARCIA, J. M. P. XAVIER-DA-SILVA, J.; GÓES. M. H. DE B.; DIAS, J. E. Avaliação ambiental por geoprocessamento para delimitação e classificação de áreas de suscetibilidade a movimentos de massa na região de Itatiaia, Estado do Rio de Janeiro. Caminhos de Geografia v.19 e 17 pag. 199-209, 2006.

KURTZ, F. C., ROCHA. J. S. M., KURTZ, S. J. M. ZONEAMENTO AMBIENTAL EM PANTANAIS BANHADOS. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 5, n. 2, p.308-312,2001.

MELLO FILHO, J. A. - Estudo das microbacias hidrográficas, delimitadas por compartimentos geomorfológicos, para o diagnostico físico - conservacionista. Dissertação de Mestrado. Santa Maria-RS. Brasil. 1999.

MORAES, L. A. F.; SANTOS, R. L. C.; SOBRAL, L. G. S. Metodologia de aplicação do geoprocessamento na avaliação da contaminação de metal pesado em solo: estudo de caso em área confinada de indústria. Série Gestão e Planejamento Ambiental SGPA – 07. Artigo técnico n°4, 2006.

MORAES, L. A. F. Subsídios para o gerenciamento dos recursos naturais da sub-bacia do Rio Paraná, em um trecho entre Porto São José e Jupiá. Tese de Doutorado, Departamento de Biologia, Maringá, Paraná: Universidade Estadual de Maringá, 2000.

ROCHA, J. S. M. da. Manual de Projetos Ambientais. Santa Maria: UFSM, 1997. 423p.

Rocha, J.S.M. da; Kurts, S.M.J.M. Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas. 4 ed. Santa Maria: UFSM/CCR, 2001. 120p.

SILVA, G. C. M.; SILVA, P. C. M., ARAÚJO, W. M. D. DETERMINAÇÃO DE ÁREAS AMBIENTALMENTE DEGRADADAS NA MESO REGIÃO OESTE POTIGUAR. Revista Verde (Mossoró – RN – Brasil) v.3, n.2, p 98.-105 de abril/junho de 2008. Disponível em: <http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/100/100>. Acesso em: 20 Ago 2010.

SOUSA, R. F.; BARBOSA, M. P.; SILVA, J. M.; FERNANDES, M. F. Avaliação das Classes de Cobertura Vegetal e do Uso das Terras do Sítio Agreste - Itaporanga-PB. In: XIII SBSR - Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007. p. 4283-4288.

Universidade Federal Rural do Semi Árido
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
http://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/sistema

ISSN 0100-316X (impresso)
ISSN 1983-2125 (online)

ESTUDO DA ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DO RIO MOSSORÓ NO SÍTIO URBANO DE MOSSORÓ-RN POR MEIO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO[1]

DANIEL ROBERTO ARAÚJO[2], PAULO CÉSAR MOURA DA SILVA[3], NILDO DA SILVA DIAS[3], DANIELY LIDIANY COSTA LIRA[2]

RESUMO - As matas ciliares, inseridas nas Áreas de Preservação Permanente (APP), são de fundamental importância para a preservação da qualidade dos recursos hídricos, minimizando os efeitos de erosão sobre o solo e, consequentemente, o assoreamento dos rios. O uso e ocupação destas áreas acarretam riscos ao ambiente, sobretudo aos recursos hídricos. As técnicas de geoprocessamento configuram-se, no cenário atual, como uma ferramenta de análise de situações ambientais relevantes, identificando áreas críticas e contribuindo para melhorar o gerenciamento da mesma. Neste sentido, este trabalho teve como objetivo estabelecer o estudo espacial da APP do rio Mossoró no sítio urbano do município de Mossoró/RN por meio de técnicas de geoprocessamento, identificando as principais causas de degradação e, suas respectivas conseqüências para o ambiente, sobretudo ao recurso hídrico. Foram utilizados softwares de Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) para a delimitação da área e de processamento da imagem para identificar as categorias de uso e ocupação do solo. As áreas com solo exposto ocuparam 310 ha, estando mais concentradas entre a ponte Leste-Oeste e a barragem das Barrocas. As áreas edificadas com maior expressão territorial localizam-se na ilha de Santa Luzia, entre as pontes Castelo Branco e Jerônimo Rosado, ocupando 78 ha. As áreas cobertas com vegetação compreenderam 70 ha, concentradas na área da barragem de Genésio. Verificaram-se também as fontes de poluição hídrica, com destaque para o lançamento de efluentes domésticos.

Palavras-chave: Zoneamento ambiental. APP. Matas ciliares.

STUDY OF PERMANENTE PRESERVATION AREAS IN THE MOSSORO RIVER IN THE URBAN PERIMETER OF MUNICIPAL DISTRICT OF MOSSORO USING GEOPROCESSING TECHINIQUES

ABSTRACT - The riparian forests, belonging to the permanent preservation areas, are of fundamental importance for the preservation of water quality and minimize the effects of erosion on soil and thus the sedimentation of river. The land use of these areas cause environmental risks, especially to water resources. The geospatial technologies are, in the current scenario, as a tool that shows the real situation of the area, identifying the critical points, thus contributing to better management of these areas. Therefore, this study aimed to establish a spatial study of APP of the Mossoró river in urban area of municipal district of Mossoró, in the state of Rio Grande do Norte, identifying the main causes of degradation and it's consequences to environment, especially the water resource, through geoprocessing's techniques. Geographic Information System (GIS) were used to spatially delimitate the area and image processing. Deforested areas comprised 310 ha, being more concentrated among the East-West Bridge and Barrocas's dam. Edification areas were more concentrated in Santa Luzia's Island and between Castelo Branco and Jerônimo Rosado's Bridges, occupying 78 ha. The areas covered by vegetation comprised 70 ha, which more concentrated in the area of Genesio' dam. There was enough sources of water pollution, especially domestic sewage.

Keywords: Environmental zoning. PPA. Gallery forests.

---

*Autor para correspondência.
[1]Recebido para publicação em 11/05/2011.; aceito em 28/11/2011.
Trabalho de monografia de conclusão do curso de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental do primeiro autor.
[2]Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará - UFC, Campus do Pici, Bloco 804, Caixa Postal 12.168, 60450-760, Fortaleza - CE; daniel-araujo85@hotmail.com; daniely_lira@hotmail.com.
[3]Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, Avenida Francisco Mota, 572, Caixa Postal 137, 59625-900, Mossoró - RN; paulo.moura@ufersa.edu.br; nildo@ufersa.edu.br

INTRODUÇÃO

O adensamento populacional e a expansão urbana trouxeram grandes alterações ambientais, destacando-se a má qualidade da água para abastecimento e a precariedade ou ausência de saneamento básico (LEITE; FRANÇA, 2007).

O desmatamento das matas ciliares, formação vegetal localizada nas margens dos rios que, segundo a Lei Federal nº 4.771/65 (BRASIL, 1965), são Áreas de Preservação Permanente (APP's) é um exemplo disto. Essas áreas são extremamente importantes para os recursos hídricos, uma vez que, possuem a capacidade de recarregar aqüíferos, de manter a qualidade da tágua, de reduzir as taxas de erosão e assoreamento dos rios (RITCHIER; MCARTY, 2003).

A cobertura original da vegetação evita inúmeros transtornos ambientais como a erosão dos solos (SILVA et al., 2008), que segundo Oliveira et al. (2010) é reduzida pela retenção física das raízes e pela diminuição do impacto da água sobre o solo através das folhas e do caule e pelo recobrimento do solo por meio da formação da serrapilheira.

Entretanto, parte dessas áreas é ocupada de forma irregular, gerando sérios problemas ao ambiente, nos quais se destacam, segundo Ferreira e Dias (2004) a extinção de várias espécies da fauna e flora, mudanças climáticas locais, erosão dos solos, eutrofização e assoreamento dos cursos d'água.

No Rio Grande do Norte temos no rio Apodi/ Mossoró e sua bacia hidrográfica como exemplo da falta de organização social e ambiental, que segundo Oliveira et al. (2009) vem sofrendo constantes impactos, provenientes da lixiviação de fertilizantes e pesticidas de diversas atividades agrícolas desenvolvidas na bacia hidrográfica, além das constantes descargas de esgotos domésticos e industriais lançados no canal principal e seus afluentes. A cidade de Mossoró-RN teve sua origem e processo de expansão a partir da ocupação das margens do rio Apodi/ Mossoró (MORAIS et al., 2007), apresentando como conseqüências a degradação de sua Área de Preservação Permanente, sobretudo a cobertura de mata ciliar, atualmente pouco encontrada ao longo das margens.

A capacidade de uso da terra visa estabelecer bases para seu melhor aproveitamento e envolve a avaliação das necessidades para os vários usos que possam ser dados à terra (TORRES et al., 2007), fornecendo, de acordo com Rodrigues et al. (2001) importante subsídio para o planejamento, e imprimindo caráter seletivo, racionalizador e de orientações ao uso das terras.

Desta forma, o uso de tecnologias, sobretudo o geoprocessamento, configura-se como ferramenta eficiente na busca pelo conhecimento da estrutura, da composição e da dinâmica dos fatos que caracterizam o espaço total da região escolhida (CHARLIER et al., 2004), permitindo, assim uma visão mais ampla e precisa do local em estudo (OLIVEIRA et al., 2008).

Segundo Barbosa et al. (2009), o geoprocessamento, mais precisamente os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) são fundamentais para o resgate do passado e elaborar o planejamento futuro da paisagem de cada região.Nesse contexto, conhecer a vulnerabilidade de uma área a determinados fatores de pressão ambiental auxilia na priorização de investimentos públicos (FIGUEIRÊDO et al., 2007).

Diante disso, este trabalho teve como objetivo mapear a APP do rio Mossoró, no trecho urbano do município de Mossoró, a fim de analisar a situação ambiental desta área bem como identificar áreas críticas na mesma, servindo como ferramenta na tomada de decisões por parte dos órgãos públicos e ambientais.

MATERIAL E MÉTODOS

O município de Mossoró está localizado na região oeste do estado do Rio Grande do Norte, semiárido nordestino, nas coordenadas 5º11'15'' de latitude sul e 37º20'39" de longitude oeste e altitude de 16 metros. A Figura 1 apresenta a localização do sítio urbano do município de Mossoró e o respectivo rio Mossoró.

Figura 1. Localização do centro urbano da cidade de Mossoró, RN.

O presente município possui uma área de 2.110 km² e uma população de 244.287 habitantes (IBGE, 2009).

O clima predominante é o semiárido e, segundo a classificação de KÖPPEN, do tipo BSw´h´, ou seja, seco, muito quente, com a estação chuvosa concentrada entre o verão e o outono, apresentando estação seca de 8 a 9 meses, com regime de chuvas irregulares. Possui temperatura média de 27,4 ºC e umidade relativa do ar de 70% (IDEMA, 2000).

Dentre os solos presentes no município, predominam os Cambissolos, solos de alta fertilidade que apresentam textura argilosa, geralmente rasa e

moderadamente drenada, ocupando áreas de relevo plano com predominância de caatinga hiperxerófila, cujas plantas são bem adaptadas à dessecação local (EMBRAPA, 2006).

O município é cortado pelo rio Mossoró e rio do Carmo, sendo que na totalidade de sua área se encontra inserido na bacia do rio Apodi/Mossoró.

A Área de Preservação Permanente do rio Mossoró foi delimitada obedecendo ao Plano Diretor Municipal com base no artigo 3º da Resolução 303 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), caracterizando-se como a faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima de cem metros para o curso d'água com cinqüenta a duzentos metros de largura.

A primeira etapa da espacialização da imagem se deu pela delimitação da área de estudo, da APP do rio Mossoró. Para tanto, adotou-se os critérios definidos, segundo BRASIL (1965), 100 metros para cada margem do rio, visto que a sua largura é superior a 50 metros. A delimitação dessas áreas foi feita através de arquivos vetoriais da rede de drenagem do município, além de *shapes*, arquivos que fazem a ligação entre dados tabulares e feições espaciais, da área urbana de Mossoró, de modo a destacar a APP do rio apenas no trecho urbano.

Para isso, foram utilizadas imagens do satélite IKONOS II de 2005, cedida pela prefeitura municipal de Mossoró e utilizada na delimitação do Plano Diretor Municipal, com resolução (1 x 1 m), do centro urbano de Mossoró, cobrindo toda a área de estudo com projeção UTM, Zona 24S, Datum SAD 69.

Para o processamento dessas imagens foram utilizados os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) Spring 5.0 e o TerraView 3.2. Os presentes programas utilizados foram fornecidos, gratuitamente, pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e adequados para este tipo de pesquisa. Foi

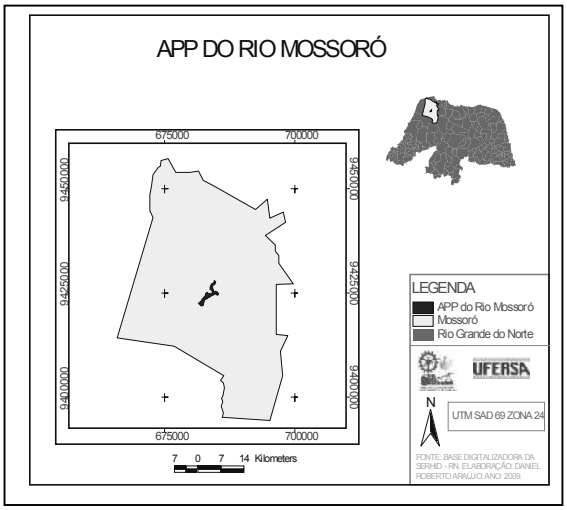


Figura 2. Área de Preservação Permanente do rio Mossoró no perímetro urbano da cidade de Mossoró, RN.

traçado um polígono (através da ferramenta buffer) ao longo de toda a área (100 metros para cada lado do rio), cobrindo, aproximadamente 700 hectares, caracterizando assim a APP do rio Mossoró dentro do sítio urbano de Mossoró. A Figura 2 mostra a localização da APP do rio Mossoró ao longo do centro urbano do município de Mossoró.

Foi feita a composição colorida (RGB) da imagem do satélite IKONOS II, no Spring 5.0, para melhor visualização, pois, segundo Medeiros et al. (2005), os dados de satélites podem conter contraste espectral de baixa qualidade visual. Neste caso, foi utilizada a combinação de três bandas espectrais no sistema de cores primárias aditivas (Red-Green-Blue), visando à obtenção de variações nas respostas espectrais dos materiais presentes na superfície em estudo.

Após a composição colorida, a imagem foi importada para o "software" TerraView 3.2, em que efetuou-se o recorte da imagem, através da intersecção entre a mesma e a área de estudo, identificando apenas a APP do rio Mossoró.

Após o recorte da imagem, importou-se para o SIG (Sistemas de Informação Geográfica), criando os respectivos mapas de vegetação, edificações e solo exposto, todos na escala de 1:40.000. O tamanho da escala se deu devido a resolução das figuras quando impressas, sendo necessária uma escala maior devido ao tamanho da área de estudo.

Para áreas com vegetação, foram consideradas espécies de pequeno, médio e grande porte, exóticas e nativas. As áreas cultivadas não foram consideradas por se tratarem de áreas ocupadas pelo homem, aonde a vegetação não contribui para a regularização do fluxo e infiltração de água no solo; papel este das matas ciliares.

As áreas desmatadas foram consideradas como aquelas em que sua vegetação de mata ciliar foi totalmente retirada, processo este que contribui para o assoreamento e eutrofização do rio.

Para as áreas edificadas foram consideradas residências, empreendimentos comerciais (lojas, oficinas, postos de combustíveis e de lavagens de automóveis), indústrias e estabelecimentos agropecuários (pocilgas, vacarias, avícolas), ou seja, todo e qualquer tipo de construção dentro da APP.

Foi utilizado, também, um banco de dados cedido pela prefeitura municipal de Mossoró com as coordenadas geográficas das principais fontes de poluição do rio identificadas no ano de 2007. Essas fontes foram plotadas na imagem e, através das áreas desmatadas e com construções irregulares foram identificadas as possíveis causas do assoreamento e da poluição do rio Mossoró.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As áreas ocupadas por vegetação abrangem aproximadamente 70 hectares, correspondendo a 10% da área de estudo, estando mais presentes no trecho da barragem de Genésio e quase inexistentes na margem esquerda do rio próximo à barragem das Barrocas. Embora sejam protegidas por Lei Federal, essas áreas são, na sua maioria, de domínio privado, dificultando a fiscalização dos órgãos ambientais e da prefeitura de Mossoró. A Figura 3 apresenta as áreas com vegetação, cujo círculo assinalado corresponde a porção mais preservada, onde se encontra o maior número de espécies nativas como a carnaúba (*Copernicia cerifera* (Miller) H. E. Moore).

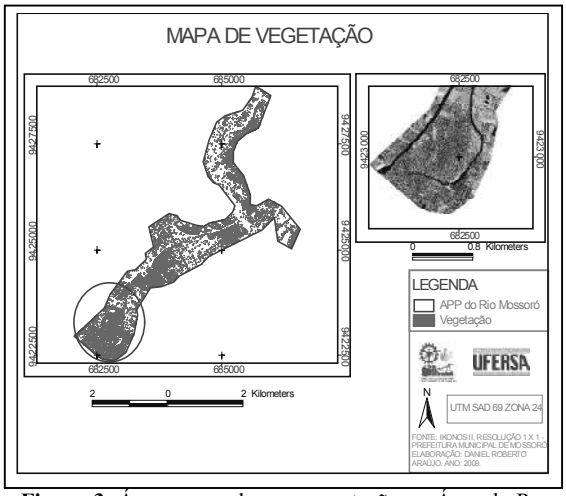


Figura 3. Áreas ocupadas por vegetação na Área de Preservação Permanente do rio Mossoró dentro do segmento urbano da cidade de Mossoró, RN.

As espécies exóticas apresentaram maior número em relação às espécies nativas, sendo a algarobeira (*Prosopis juliflora* (SW) DC) a mais freqüente ao longo da APP, verificando-se ainda, em algumas áreas, reduzido número de espécies nativas remanescentes, sendo a mais comum, a carnaúba.

As áreas com solo exposto que correspondem às áreas desmatadas ocuparam aproximadamente 310 hectares correspondendo a 44,3% da área estudada. Estas ocorrem em sua maioria na zona periférica da cidade, mais precisamente entre a ponte Leste-Oeste e a barragem das Barrocas. A Figura 4 apresenta as áreas com solo exposto, sendo destacada em círculo a região mais desmatada, situada na periferia da cidade.

Em algumas destas áreas desmatadas verificou-se o impedimento do fluxo natural do rio através da formação de bancos de areias, provocados, principalmente pela retirada da vegetação, deixando o solo exposto e passível de ser transportados para o rio.

A retirada da vegetação, nestas áreas, ocasiona riscos de erosão do solo, uma vez que, segundo Silva et al. (2007) facilita o arraste das partículas, principalmente em áreas declivosas, contribuindo para o aparecimento de ravinas e voçorocas. Isso, juntamente com a turbidez dos cursos d'água, promove o rompimento do equilíbrio entre o solo e o meio, modificando suas propriedades químicas, físicas e biológicas, como também, limitando sua utilização agrícola (CENTURION et al., 2001).

Dentre as causas de desmatamento, se destacam as queimadas para produção de carvão, e nesse contexto a carnaubeira é uma das mais afetada por esta prática.

As áreas edificadas correspondem a 40 hectares, respondendo por 5,7% da área de estudo, sendo mais presentes na ilha de Santa Luzia e na parte central da cidade. A Figura 5 indica os locais com edificações, destacando-se as áreas com maior número de ocupações.

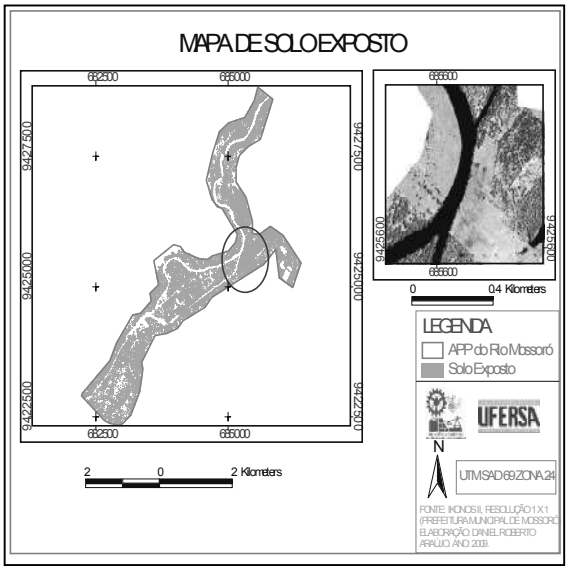


Figura 4. Áreas desmatadas na Área de Preservação Permanente do rio Mossoró dentro do segmento urbano da cidade de Mossoró, RN.

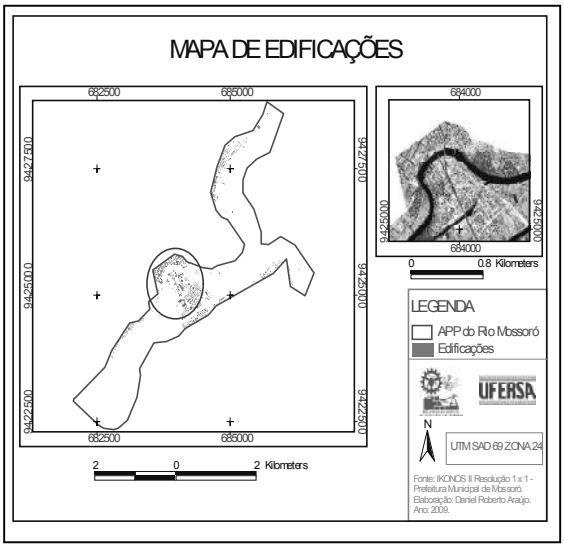


Figura 5. Áreas edificadas na Área de Preservação Permanente do rio Mossoró do segmento urbano da cidade de Mossoró, RN.

Somente nestas áreas, de acordo com a Secretaria do Desenvolvimento Territorial e Ambiental de Mossoró (2005), existem, 1.196 domicílios com aproximadamente 7.218 habitantes. De acordo com Moura e Oliveira (2010), percebe-se o descumprimento das leis quando se observa a inexistência da mata ciliar da área urbana do rio Mossoró, que em muitos casos, é substituída por edificações irregulares.

Foi possível identificar o despejo de esgotos em vários locais da APP do rio Mossoró, sendo mais freqüente na ilha de Santa Luzia, precisamente entre as pontes Castelo Branco e Jerônimo Rosado. Neste local há grande concentração de indústrias que, segundo Araújo e Pinto Filho (2010) são as principais responsáveis pela disposição de metais pesados como cádmio, ferro, cromo, chumbo e zinco, no leito do rio. Em entrevista aos proprietários das indústrias inseridas nessas áreas, verificou-se que, 100% dos entrevistados acreditam que os efluentes despejados pelas suas indústrias não contaminam os recursos hídricos, pois lançam os mesmos no sistema de esgotamento sanitário da cidade, ficando a cargo da prefeitura municipal realizar o tratamento adequado dos resíduos.

As áreas de vegetação, solo exposto e edificações representam, aproximadamente, 420 hectares, correspondendo a 60% da área estudada, destacando-se as áreas com solo exposto (310 ha). O restante da APP do rio Mossoró está ocupada por estabelecimentos agrícolas, destacando-se às culturas de subsistência, sendo bastante encontradas às margens do rio. A Figura 6 aponta a participação percentual de cada área de categoria identificada na APP do rio Mossoró no trecho urbano de Mossoró, RN.

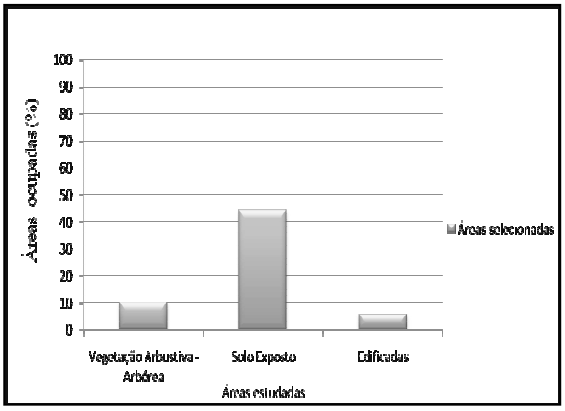


Figura 6. Distribuição das áreas de vegetação, solo exposto e edificadas na Área de Preservação Permanente do rio Mossoró no trecho urbano da cidade de Mossoró, RN.

Para tanto, na constatação das alterações na dinâmica do escoamento dessa bacia são auxiliadas pela presença de fontes poluidoras nas regiões ribeirinhas. As principais fontes poluidoras encontradas nas margens do rio Mossoró foram: esgoto, olaria, extração de areia, atividade agrícola, lixo nas margens e criação de animais. Em geral, foram mais acentuados na margem esquerda do rio, responsável pelo maior adensamento populacional.

No total, foram verificadas 38 fontes de poluição, 29 provenientes do banco de dados da prefeitura (coletados entre janeiro e julho de 2007) e 9 identificadas através de registros fotográficos feitos durante a pesquisa de campo (coletados entre agosto e outubro de 2009). Destacam-se os esgotos, como responsáveis por 36,8% das fontes poluidoras. Na Tabela 1 são enumeradas as fontes de poluição verificadas ao longo da APP do rio Mossoró.

Tabela 1. Fontes de poluição encontradas nas margens do rio Mossoró, no perímetro urbano da cidade de Mossoró, RN.

Fontes de poluição	Quantidade	(%)
Esgoto	14	36,8
Atividade agrícola	5	13,2
Criação de animais	7	18,4
Lixo nas margens	4	10,5
Olaria	2	5,3
Extração de areia	6	15,8

A retirada de areia, insumo utilizado em larga escala na construção civil, foi observada em alguns locais, sendo feita tanto manual ou mecanizada com o uso de draga para sucção da areia do fundo do rio.

Em muitos locais foi possível observar placas de ação civil pública, proibindo a prática de lavagem de veículos e o acesso de animais na beira do rio. O principal problema, nesse caso, é nos períodos de chuva, em que o nível do rio se eleva e carrega consigo as fezes e urina dos animais, poluindo o manancial.

A presença de lixo nas margens do rio, também é outro problema observado em vários locais, principalmente na periferia, ocasionado, principalmente, pela falta de coleta do lixo.

O possível uso de agrotóxicos e fertilizantes nas áreas agrícolas gera riscos de contaminação do rio, além do lençol freático dependendo de sua profundidade.

CONCLUSÕES

As áreas com solo exposto representam quase metade da área de estudo, com aproximadamente 310 hectares;

As áreas ocupadas por vegetação correspondem a 70 hectares, compostas, em grande parte por espécies exóticas, como a algarobeira. Constata-se, em toda a área a quase inexistência de vegetação nativa, exceto para a carnaúba, presente em número reduzido;

As áreas edificadas ocupam 38 hectares, sendo mais presentes na ilha de Santa Luzia e entre as pontes Castelo Branco e Jerônimo Rosado;

A margem esquerda do rio Mossoró apresenta as maiores fontes de poluição, com menores áreas de vegetação e maiores áreas desmatada e deteriorada.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J. B. S.; PINTO FILHO, J. L. de O. Identificação de fontes poluidoras de metais pesados nos solos da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi/Mossoró/RN, na área urbana de Mossoró-RN. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 5, n. 2, p. 80-94, 2010.

BARBOSA, I. S.; ANDRADE, L. A.; ALMEIDA, J. A. P. Evolução da cobertura vegetal e uso agrícola do solo no município de Lagoa Seca, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 5, p. 614-622, 2009.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 16 set. 1965. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=311>. Acesso em: 16 fev. 2011.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n.90, 13 mai. 2002. Seção I, p.68. Disponível em: < http://www.mma .gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=299>. Acesso em: 15 fev. 2011.

CENTURION, J. F.; CARDOSO, J. P.; NATALE, W. Efeito de formas de manejo em algumas propriedades físicas e químicas de um latossolo vermelho em diferentes agroecossistemas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 2, p. 254-258, 2001.

CHARLIER, F.; QUINTALE JÚNIOR, C. O sig como ferramenta para a gestão ambiental em uma ferrovia. **Engevista**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 3, p. 25-35, 2004.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informações, 2006. 306 p.

FERREIRA, D. A. C.; DIAS, H. C. T. Situação atual da mata ciliar do Ribeirão São Bartolomeu em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 4, p. 617-623, 2004.

FIGUEIRÊDO, M. C. B. et al. Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização. **Revista de Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 4, p. 399-409, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Contagem da população 2009**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: 03 mar. 2011.

INSTITUTO DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE (IDEMA). **Perfil do seu município.** Mossoró: 2000. Disponível em: <http://www.idema.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/idema/socio_economicos/enviados/perfil_m.asp>. Acesso em 03 mar. 2011.

LEITE, M. E.; FRANÇA, I. S. de. Reflexões sobre a sustentabilidade urbana: novo modelo de gestão ambiental da cidade. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 8, n. 22, p. 137-142, 2007.

MEDEIROS, C. N.; PETTA, R. A.; DUARTE, C. R. Estudo do meio físico para a avaliação da vulnerabilidade à ocupação humana do município de Parnamirim (RN), utilizando técnicas de geoprocessamento. **Geociências**, São Paulo, v. 24, n.3, p. 239-253, 2005.

MOURA, M. C. F.; OLIVEIRA, L. C. S. Breve análise dos impactos ambientais urbanos em Mossoró/RN. Disponível em: < http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum/article/view/20/pdf>. Acesso em: 09 maio 2011.

MORAIS, L. S.; SILVA, P. C. M.; MEDEIROS, W. D. A. Análise do processo de verticalização na área urbana do município de Mossoró-RN: aspectos jurídicos e ambientais. **Revista Verde de Agroecologia**

e Desenvolvimento Sustentável, Mossoró, v. 2, n. 2, p. 171-182, 2007.

OLIVEIRA, C. A. et al. Avaliação da retenção de sedimentos pela vegetação ripária pela caracterização morfológica e físico-química do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 12, p. 1281-1287, 2010.

OLIVEIRA, P. T. S. et al. Geoprocessamento como ferramenta no licenciamento ambiental de postos de combustíveis. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 20, n. 1, p. 87-99, 2008.

OLIVEIRA, T. M. B. F.; SOUZA, L. D.; CASTRO, S. S. L. de. Dinâmica de série nitrogenada nas águas da bacia hidrográfica Apodi/Mossoró - RN - Brasil. **Eclética Química**, Araraquara, v. 34, n. 3, p. 17-26, 2009.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MOSSORÓ. **Secretaria de Desenvolvimento Territorial e do Meio Ambiente** - SEDETEMA, 2005. Disponível em: < http://www.sisgeenco.com.br/sistema/ encontro_anppas/ivenanppas/ARQUIVOS/GT6-518-1004-20080517230550.pdf>. Acesso em 21 jan. 2011.

RITCHIER, J. C.; MCCARTY, G. W. ^{137}Cs and soil in a small agricultural watershed. **Soil & Tillage Research**, v. 69, n. 1, p. 45-51, 2003.

RODRIGUES, J. B. T.; ZIMBACK, C. R. L.; PIROLI, E. L. Utilização de sistema de informação geográfica na avaliação do uso da terra em Botucatu (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 3, p. 675-681, 2001.

SILVA, G. C. M.; SILVA, P. C. M.; ARAÚJO, W. M. D. Determinação de áreas ambientalmente degradadas na meso região oeste Potiguar. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 3, n. 2, p. 98-105, 2008.

SILVA, S. A. et al. Análise espacial da erosão hídrica em um latossolo vermelho amarelo sob cultivo de café conilon. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 38, n. 4, p. 335-342, 2007.

TORRES, J. L. R.; BARRETO, A. C.; PAULA, J. C. de. Capacidade de uso das terras como subsídio para o planejamento da microbacia do córrego Lanhoso, em Uberaba (MG). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 8, n. 24, p. 22-32, 2007.

ISSN = 1980-993X – doi:10.4136/1980-993X
www.ambi-agua.net
E-mail: ambi-agua@agro.unitau.br
Tel.: (12) 3625-4212

RECEIVED 07 Sep 2011
26 Jun 2012
ACCEPTED

Desempenho de sistema decanto-digestor com filtro biológico seguido por alagado construído e reator solar no tratamento de esgoto doméstico

(http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.723)

Glícia Pinto Barra Reinaldo[1]; Rafael Oliveira Batista[1]; Paulo Cesar Moura da Silva[1]; Luis Cesar de Aquino Lemos Filho[1]; Miguel Ferreira Neto[1]; Delfran Batista dos Santos[2]

[1]Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, Mossoró-RN,
e-mails: gliciapinto@gmail.com, rafaelbatista@ufersa.edu.br, paulo.moura@ufersa.edu.br, lcalfilho@ufersa.edu.br, miguel@ufersa.edu.br,
[2]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Senhor do Bonfim-BA,
e-mail: delfran.batista@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho objetivou analisar o desempenho de sistema decanto-digestor com filtro biológico seguido por alagado construído e reator solar no tratamento de esgoto doméstico do assentamento rural Milagres em Apodi-RN. Nos meses de outubro e novembro de 2010 realizou-se o monitoramento do sistema 48 dias após o plantio do capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach). Foram coletadas amostras do esgoto doméstico nas distintas etapas de tratamento, em quatro repetições no tempo, para determinação de características físico-químicas e microbiológicas referentes ao desempenho do sistema. Os resultados indicaram que houve remoção significativa de turbidez, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Demanda Química de Oxigênio, sólidos totais, sólidos suspensos, fósforo e óleos e graxas com o uso sistema decanto-digestor com filtros biológicos seguidos de alagado construído e reator solar; a associação de radiação solar média de 28,73 MJ m^{-2} d^{-1}, lâmina de 0,10 m de efluente no reator e tempo de exposição solar de 12 horas permitiu remoção de até 99,99% dos coliformes termotolerantes no esgoto doméstico em Apodi-RN; e o efluente tratado apresenta padrão microbiológico satisfatório às diretrizes brasileiras para uso agrícola com restrição.

Palavras-chave: sustentabilidade, saneamento básico, água residuária.

Performance of digester decant system with biological filter followed by constructed wetland and solar reactor in the treatment of domestic sewage

ABSTRACT

This study aimed to analyze the performance of digester decant system with biological filter followed by constructed wetland and solar reactor in the treatment of domestic sewage from Milagres rural community in Apodi-RN. The treatment system was monitored for the period of October and November 2010, 48 days after planting *Pennisetum purpureum* Schumach. Samples of domestic sewage were collected at different stages of treatment, in four replications on time, to determine physicochemical and microbiological characteristics about the system performance. The results indicated significant removal of turbidity, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, total solids, suspended solids,

phosphorus and oil and grease using the set digester decant with biological filter, followed by constructed wetland and solar reactor; the association of average solar radiation of 28.73 MJ m^{-2} d^{-1}, effluent depth of 0.10 m on reactor and time of sun exposure of 12 hours provided removal of fecal coliform up to 99.99% of domestic sewage in Apodi, RN, the treated effluent met microbiological standard of the Brazilian guidelines for agricultural use with restrictions.

Keywords: sustainability, sanitation, wastewater.

1. INTRODUÇÃO

A inadequação dos serviços de saneamento básico é a principal causa de doenças e de poluição ambiental no mundo. De acordo com o HDR (UNDP, 2006), cerca de 2,6 bilhões de habitantes moram em domicílio sem rede de esgoto. Em detrimento disso, anualmente, cerca de 1,7 milhões de crianças morrem em resultado direto de diarréia e de outras doenças provocadas por água contaminada e por más condições de saneamento.

Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008, 44,8% dos municípios brasileiros não possuíam rede coletora de esgoto. Enquanto, apenas 28,5% desses municípios dispõem de sistema para tratamento de esgoto (IBGE, 2010).

No que concerne às companhias de saneamento, o lançamento de esgoto doméstico bruto em corpos hídricos altera as características naturais da água, a partir do ponto de lançamento e compromete sua qualidade para consumo humano ou mesmo para uso em atividades agropecuárias e agroindustriais (Ribas e Fortes Neto, 2008).

Atualmente, as tecnologias utilizadas pelas companhias de saneamento tornam-se inviáveis para comunidades rurais de baixa renda de regiões semiáridas, tanto pelo alto custo de implantação e manutenção quanto pela grande dispersão populacional nas zonas rurais (Batista et al., 2011). Portanto, é necessário o desenvolvimento de tecnologias de baixo custo e de fácil operação para o tratamento de esgoto doméstico; e que possibilite aumento de renda pelo uso do efluente tratado na irrigação de cultivos agrícolas. Nesse sentido, destacam-se as seguintes tecnologias:

1. Tanque séptico: este dispositivo visa à retenção de sólidos flutuantes; decantação de sólidos sedimentáveis; alteração das características da fase líquida; deposição acúmulo e adensamento do lodo decantado em regime de decomposição anaeróbia; digestão parcial da escuma; redução sensível do número de bactérias patogênicas. Este é recomendado para o tratamento de esgotos gerados por até 300 pessoas, removendo em média 50% da Demanda Bioquímica de Oxigênio (Matos, 2007).

2. Filtro anaeróbio: este dispositivo proporciona tratamento físico (filtração) e biológico (anaeróbio), complementar ao obtido no tanque séptico, removendo até 85% da Demanda Bioquímica de Oxigênio (Matos, 2007).

3. Sistema alagado construído (SACs): este dispositivo é construído em alvenaria ou com manta impermeabilizante preenchidos internamente com material poroso e inerte (cascalho, brita, tampa de garrafa pet e outros). Sobre o meio filtrante é cultivada espécies de plantas com grande capacidade de extração de poluentes presentes nos esgotos domésticos. Para evitar o surgimento de odores desagradáveis, insetos e animais peçonhentos, recomenda-se a utilização de fluxo subsuperficial do esgoto doméstico (Matos, 2007). Prochaska e Zoubouslis (2008) observaram remoções de 52, 60 e 96% nas concentrações de fósforo total, nitrato e Demanda Química de Oxigênio em SAC abastecido com esgoto doméstico, tendo o junco (*phragmites australis*) como planta extratora. Brasil et al. (2005) trabalharam com taboa (*Typha* sp) com dois diferentes tempos de residência hidráulica e quatro tipos de SACs no

tratamento de efluente doméstico proveniente de tanque séptico, obtendo ao final dos ensaios experimentais redução média nos valores de Demanda Química de Oxigênio, sólidos suspensos, turbidez, nitrogênio total e fósforo total de 87, 91, 88, 33 e 35%, respectivamente.

4. Reatores solares: são tanques construídos em alvenaria ou fibra de vidro que possibilitam o armazenamento de esgoto doméstico para exposição direta à radiação solar local, visando à inativação dos microrganismos patogênicos. A Região Nordeste se apresenta como a mais promissora para a aplicação desta tecnologia. Nos estados do Piauí e Maranhão, durante o ano todo, é preciso dois dias de exposição solar, em profundidade (até 0,20 m) da água residuária a ser tratada. Nas Regiões Sudeste e Centro Oeste, durante o inverno, são necessários menos de 2,5 dias; enquanto, no resto do ano serão necessários dois dias de exposição solar (Sanches-Ramon et al., 2007).

O presente trabalho objetivou avaliar o desempenho de sistema decanto-digestor com filtro biológico seguido por alagado construído e reator solar no tratamento de esgoto doméstico do assentamento rural Milagres em Apodi-RN.

2. MATERIAIS E MÉTODO

O presente trabalho foi realizado no Projeto de Assentamento Rural Milagres em Apodi-RN, situado a 100 km de Mossoró-RN, sob as coordenadas geográficas 5°35'22" de latitude sul e 37°54'09" de longitude oeste.

O assentamento Milagres possui 107 habitantes em 28 residências e dispõe de rede coletora de todo esgoto doméstico produzido, além de um decanto-digestor para tratamento preliminar e primário do esgoto doméstico bruto. Tal sistema possui um tanque séptico com duas câmaras, gradeamento e dois filtros anaeróbios de fluxo descendente. O decanto-digestor foi dimensionado para tratar uma vazão ate 20 m^3 d^{-1} de esgoto doméstico com remoção do lodo a cada dois anos. No período experimental de setembro a dezembro de 2010 a vazão no sistema era de 12 m^3 d^{-1}, tendo em vista que apenas 60 pessoas estavam gerando esgoto doméstico.

Ao lado do decanto-digestor foi implantado um sistema alagado construído e um reator solar para tratamento secundário e terciário do esgoto doméstico. Na Figura 1 está apresentada a sequência do tratamento de esgoto no assentamento Milagres em Apodi-RN.

Decanto-digestor com filtros biológicos: objetiva a remoção de sólidos suspensos decantáveis, areia e óleos e graxas, efetuando o tratamento preliminar/primário. Este dispositivo foi construído em alvenaria de tijolos e reboco com impermeabilizante, nas dimensões de 4,0 m de largura por 8,0 m de comprimento por 1,80 m de profundidade (Figura 1b). No entanto, a profundidade útil do sistema foi de 1,30 m, além de ser dividido da seguinte forma: a) um tanque séptico com duas câmaras, medindo de 2,0 m de largura por 7,6 m de comprimento por 1,30 m de profundidade útil, tempo de detenção hidráulica de 0,5 dia, frequência para remoção do lodo a cada dois anos, ocupando um volume de cerca de 21 m3; b) grade tipo fina para remoção de material particulado com tamanho de até 0,02 m nas dimensões de 1,0 m de largura por 2,0 m de comprimento, instalada a jusante do tanque séptico; e c) dois filtros anaeróbios de fluxo descendente , cada uma nas dimensões de 1,0 m de largura por 6,0 m de comprimento por 1,30 m de profundidade útil, ocupando os dois um volume de 16,0 m3. Os filtros anaeróbios foram preenchidos, internamente, com tijolos cerâmicos de oito furos para auxiliar na formação de biofilme para degradação de poluentes químicos e orgânicos presentes no efluente. O tempo de detenção hidráulica estimado para cada filtro é aproximadamente de duas horas. Foi dimensionamento conforme as recomendações da NBR 7229 (ABNT, 1993).

(a) (b)

(c) (d)

(e) (f)

Figura 1. Sequência do sistema de tratamento e aproveitamento esgoto doméstico implantado no assentamento Milagres, área experimental da UFERSA, em Apodi-RN. Detalhe das caixas de passagem (a), decanto-digestor (b), mini-sistema alagado construído (c), reator solar (d), sumidouro (e) e reservatório para efluente tratado visando a irrigação (f).

Sistema alagado construído: composto por um leito com fluxo subsuperficial horizontal, para tratamento secundário/terciário do esgoto doméstico, construído em alvenaria nas dimensões de 2,0 m de largura por 4,0 m de comprimento por 0,50 m de profundidade, enterrado no solo. O meio suporte utilizado foi a brita 1 que possibilitará a formação do biofilme para o tratamento biológico do efluente (Figura 1c). No dia 23 de setembro de 2010 foram plantadas os colmos de capim elefante (Pennisetum purpureum Schumach) no sistema alagado construído no espaçamento de 0,60 m entre fileiras e 0,60 m entre centro de colmos. Tal espécie vegetal foi escolhida por capacidade de extração de nutrientes da água residuária e posterior conversão em biomassa (Oliveira et al., 2008) que pode, após exposição à radiação solar, servir como alimento para pequenas criações de animais no assentamento (bovinos, caprinos e ovinos). No dimensionamento do sistema alagado construído foi considerada uma vazão de 1,0 m^3 d^{-1}, taxa de aplicação de 400 kg de DBO ha^{-1} d^{-1} e concentração típica de DBO do esgoto doméstico de 300 mg L^{-1} seguindo as recomendações de Matos (2007).

Reator solar: este possibilita a redução do nível populacional dos coliformes termotolerantes, sendo denominado tratamento terciário. Tal dispositivo foi construído em fibra de vidro (3 mm), no formato cilíndrico, conforme as recomendações de Sanches-Roman et al. (2007) nas dimensões de 1,30 m de diâmetro e 0,40 m de profundidade, dotado de capacidade máxima armazenadora para 0,53 m^3 (Figura 1d). No interior do reator foi fixada uma régua com precisão de um centímetro para o monitoramento da lâmina de efluente a ser tratado. Este dispositivo foi operado com uma lâmina de efluente de 0,10 m durante um período de exposição à radiação solar de 12 horas, de acordo com Moura et al. (2011).

Sumidouro: este dispositivo, também, permite o tratamento secundário e terciário do esgoto doméstico. O sumidouro só foi utilizado para infiltrar o volume de esgoto doméstico tratado no reator solar, ou seja, cerca de 0,13 m^3 a cada ensaio realizado (Figura 1e). O restante do volume de esgoto doméstico tratado pelo sistema alagado construído era lançado em um reservatório para posterior aproveitamento na agricultura. Com um ensaio prévio de infiltração constatou-se que o coeficiente de infiltração do solo na área foi de 65 L m^{-2} d^{-1}. No dimensionamento do sumidouro foram levadas em consideração as recomendações NBR 7229 (ABNT, 1982);

Reservatório: este dispositivo permite armazenar o efluente tratado no sistema alagado construído que não foi destinado ao sumidouro para a irrigação de cultivo agrícolas no Assentamento Milagres. Construído em concreto armado com capacidade armazenadora para 10 m^3, tendo diâmetro de 3,5 m e profundidade de 1,0 m (Figura 1f).

No período de 20 de outubro a 10 de novembro de 2010 foram realizadas quatro amostragens de efluentes nos seguintes pontos do sistema: Ponto 1 - efluente coletado na entrada do decanto-digestor; Ponto 2 - efluente coletado na saída do decanto-digestor; Ponto 3 - efluente coletado à jusante do sistema alagado construído; e Ponto 4 - efluente coletado no reator solar.

Para caracterização físico-química dos efluentes, amostras foram coletadas nos pontos 1, 2, 3 e 4 do sistema e preservadas em caixas isotérmicas com gelo à temperatura de 4°C até a entrada no laboratório, conforme recomendações do Standard methods for the examination of water and wastewater (APHA, 2005). Posteriormente, tais amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Diagnóstico Físico-Químico da Universidade Estadual do Rio Grande do Norte (UERN) onde foram realizadas análises de: pH (método eletrométrico utilizando medidor de bancada), condutividade elétrica (condutivímetro de bancada), turbidez (turbidímetro de bancada), Demanda Química de Oxigênio (método oxidimétrico com refluxo), Demanda Bioquímica de Oxigênio (método iodométrico pelo processo Winkler), sólidos totais (método gravimétrico), sólidos suspensos (método gravimétrico com a utilização de membranas de fibra de vidro com 0,45 μm de diâmetro de poro), nitrogênio total

(pelo método Kjeldhal), fósforo total (espectrofotometria), óleos e graxas (extrator Soxhlet) e nitrato (espectrofotometria), conforme recomendações do *Standard methods for the examination of water and wastewater* (APHA, 2005).

Para caracterização microbiológica dos efluentes, amostras foram coletadas em frasco esterilizados nos pontos 1 e 4 do sistema às 14:00 horas. Estas amostras foram preservadas em caixa isotérmica com gelo, foram encaminhadas para o Laboratório de Inspeção de Produtos de Origem Animal, localizado na Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA) para identificação e quantificação dos níveis populacionais de coliformes totais e coliformes termotolerantes (método de tubos múltiplos), conforme recomendações do *Standard methods for the examination of water and wastewater* (APHA, 2005). Deve-se ressaltar que para avaliar estas características foi necessário o preparo do reator solar, um dia antes da amostragem, ou seja, às 14:00 horas do dia anterior armazenava-se uma lâmina de efluente no reator de cerca de 0,10 m, para exposição à radiação solar local, e posterior coleta no dia seguinte.

No período de 11 a 17 de setembro de 2011, foi realizada a medição da vazão que estava passando pelo sistema alagado construído. Para tal, foi utilizado o método gravimétrico. O volume médio semanal de esgoto foi de 1932 L, resultando em uma vazão média de 80,51 L h^{-1}.

Nos pontos 1 e 4 foram analisadas todas as variáveis, enquanto que nos pontos 2 e 3 foram analisados somente pH, condutividade elétrica. turbidez, sólidos totais e sólidos suspensos. Os dados de radiação solar, por sua vez, foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para o período de avaliação da pesquisa. Deve-se ressaltar, também, que foi realizado um registro fotográfico do esgoto coletado nos pontos 1 e 4 para comparação visual do tratamento proporcionado.

O experimento foi montado no delineamento inteiramente casualizado (DIC) com quatro repetições no tempo. Como as variáveis são qualitativas, optou-se pela seguinte procedimento de análise estatística: a) os dados foram, inicialmente, submetidos a analise de variância, utilizando-se o teste F com significância de até 5%; e b) as médias foram comparadas empregando-se o teste de Tukey com significância de até 5%. O programa computacional SAEG 9.1 foi utilizado na análise estatística.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os valores integralizados de radiação global no período de monitoramento do sistema de tratamento de esgoto. A radiação solar oscilou de 24,45 a 31,48 MJ m^{-2} d^{-1} no período experimental, tendo o valor médio de 28,73 MJ m^{-2} d^{-1}.

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados das análises físicas, químicas e microbiológicas dos efluentes coletados nos protótipos de tratamento de esgoto doméstico, no período de 20 de outubro a 10 de novembro de 2010, no Assentamento Milagres em Apodi-RN.

Tabela 1. Valores integralizados de radiação global no período de monitoramento do sistema de tratamento de esgoto.

Data	Radiação acumulada (MJ $m^{-2}d^{-1}$)
19/10 a 20/10	27,90
26/10 a 27/10	24,45
02/10 a 03/11	31,48
09/11 a 10/11	31,08
Média	**28,73**

Tabela 2. Características físicas, químicas e microbiológicas dos efluentes coletados na mini-estação de tratamento de esgoto doméstico ao longo do período experimental.

Pontos	pH	CE	TB	CT	CTe	DQO	DBO	ST	SS	P_{total}	N_{total}	OG	NO_3^-
		dS m^{-1}	UNT	NMP/100 mL				mg L^{-1}					
Amostragem de 20 de outubro de 2010													
Ponto 1	5,78	1,32	971,00	$1,1 \times 10^7$	$1,1 \times 10^5$	455,67	165,24	946	592	25,79	59,15	357,20	11,11
Ponto 2	6,02	1,31	189,00					618	234				
Ponto 3	6,50	1,30	58,00					385	64				
Ponto 4	6,56	1,29	45,00	$3,0 \times 10^2$	$3,0 \times 10^1$	121,15	71,40	372	68	14,26	55,31	1,02	5,86
M	**6,215**	**1,30**	**315,75**	**$5,9 \times 10^{4*}$**	**$1,8 \times 10^{3*}$**	**288,41**	**118,32**	**581**	**240**	**20,025**	**57,23**	**179,11**	**8,49**
DP	**0,38**	**0,01**	**441,65**	**$1,6 \times 10^{3*}$**	**$3,3 \times 10^{2*}$**	**236,54**	**66,35**	**268,76**	**247,99**	**8,15**	**2,72**	**251,86**	**3,71**
Amostragem de 27 de outubro de 2010													
Ponto 1	6,12	0,97	556,50	$6,0 \times 10^8$	$5,4 \times 10^6$	500,20	180,40	934	390	25,70	49,16	169,50	23,18
Ponto 2	6,23	1,03	69,61					676	262				
Ponto 3	6,55	1,05	8,98					646	40				
Ponto 4	6,18	1,03	9,61	$5,0 \times 10^4$	$4,0 \times 10^2$	132,50	78,30	610	16	15,26	55,32	3,10	42,52
M	**6,27**	**1,02**	**161,175**	**$5,5 \times 10^{6*}$**	**$5,7 \times 10^{4*}$**	**316,35**	**129,35**	**717**	**177**	**20,48**	**52,24**	**86,30**	**32,85**
DP	**0,19**	**0,03**	**265,08**	**$7,3 \times 10^{2*}$**	**$8,3 \times 10^{2*}$**	**260,00**	**72,20**	**147**	**180**	**7,38**	**4,36**	**117,66**	**13,68**
Amostragem de 03 de novembro de 2010													
Ponto 1	6,28	1,28	478,30	$1,1 \times 10^7$	$7,4 \times 10^5$	390,50	180,40	915	400	27,64	57,18	158,20	9,26
Ponto 2	7,22	1,33	100,30					804	264				
Ponto 3	6,83	1,04	36,13					450	8				
Ponto 4	6,91	1,05	31,48	$7,0 \times 10^4$	$6,7 \times 10^2$	140,30	68,90	366	6	16,29	51,39	2,10	28,54
M	**6,81**	**1,175**	**161,555**	**$8,8 \times 10^{5*}$**	**$2,2 \times 10^{4*}$**	**265,4**	**124,65**	**634**	**170**	**21,965**	**54,28**	**80,15**	**18,9**
DP	**0,39**	**0,15**	**213,49**	**$3,6 \times 10^{1*}$**	**$1,4 \times 10^{2*}$**	**176,92**	**78,84**	**267**	**196**	**8,03**	**4,09**	**110,38**	**13,63**
Amostragem de 10 de novembro de 2010													
Ponto 1	6,50	1,35	300,20	$3,0 \times 10^8$	$3,1 \times 10^6$	490,40	200,20	895	310	17,40	58,28	148,20	10,60
Ponto 2	7,12	1,37	106,20					845	284				
Ponto 3	6,72	1,39	45,30					470	11				
Ponto 4	6,80	1,40	47,80	$2,0 \times 10^5$	$8,1 \times 10^2$	160,20	70,01	460	10	6,90	49,90	6,90	30,40
M	**6,785**	**1,38**	**124,85**	**$7,8 \times 10^{6*}$**	**$5,0 \times 10^{4*}$**	**325,30**	**135,10**	**667,5**	**154**	**12,15**	**54,09**	**77,55**	**20,5**
DP	**0,26**	**0,02**	**120,22**	**$1,8 \times 10^{2*}$**	**$3,4 \times 10^{2*}$**	**233,49**	**92,06**	**234,5**	**166**	**7,42**	**5,93**	**99,91**	**14,00**

Nota: M - média; DP - desvio-padrão; Ponto 1: efluente coletado na entrada do decanto-digestor; Ponto 2: efluente coletado na saída do decanto-digestor; Ponto 3: efluente coletado à jusante do sistema alagado construído; e Ponto 4: efluente coletado no reator solar. pH - potencial hidrogeniônico; CE - condutividade elétrica; TB - turbidez; CT - coliformes totais; CTe - coliformes termotolerantes; DQO - demanda química de oxigênio; DBO - demanda bioquímica de oxigênio; ST - sólidos totais; SS - sólidos suspensos; P_{total} - fósforo total; N_{total} - nitrogênio total; OG - óleos e graxas; e NO_3^- - nitrato. * Média e desvio-padrão geométrico.

O tratamento proporcionado pelo sistema alterou as características físicas e químicas do esgoto doméstico. Constatou-se que, o valor de turbidez, Demanda Química de Oxigênio, Demanda Bioquímica de Oxigênio, sólidos suspensos, sólidos totais, fósforo e óleos e graxas reduziram a medida que o efluente passou pelas distintas etapas de tratamento. Enquanto, as características nitrogênio total e nitrato não foram removidas eficientemente, nesse período, pelo fato do capim elefante ainda estar na fase de desenvolvimento inicial (altura de 1,40 m) no sistema alagado construído. O ciclo do capim elefante é uma gramínea triploide com tempo de utilização de 110 dias fornecendo cortes da forragem a cada 50 dias. O sistema alagado construído melhorou muito a qualidade do esgoto no que se refere ao lançamento em corpo hídrico em função dos seguintes processos: a) remoção de nutrientes como nitrogênio, fósforo e nitrato pelo capim elefante; b) redução da Demanda Bioquímica de oxigênio e do nível populacional dos coliformes termotolerantes pelo biofilme formado no sistema; e c) remoção dos sólidos suspensos pela filtração do meio poroso e do sistema radicular do capim elefante. Os valores de pH e condutividade elétrica não apresentaram alterações, ao longo do período experimental (Tabela 2).

Estabelecendo comparação entre os valores de turbidez dos efluentes coletados nos pontos 1 e 4, nos quatro dias de amostragem, notaram-se remoções de 84 a 98%. No ponto 4, os valores de turbidez oscilaram de 45,0 a 47,8 UNT. Na Figura 2 está apresentada a variação encontrada na remoção de turbidez, ao longo do período experimental.

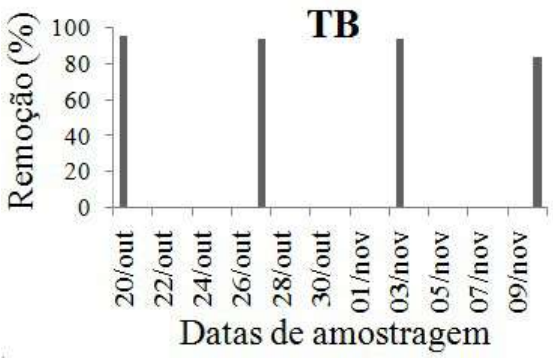


Figura 2. Remoção de turbidez (TB) do esgoto doméstico no sistema de tratamento, ao longo do período experimental.

Os valores de Demanda Química de Oxigênio (DQO) do efluente no reator solar (ponto 4) apresentaram variações de 121,15 a 160,20 mg L^{-1}, nos quatro dias de amostragem. Constatou-se, ao longo do período experimental, que a DQO atendeu ao limite de 200 mg L^{-1} para lançamento direto de efluente tratado em corpo hídrico receptor (Ceará, 2002). As remoções de DQO, ao longo do período experimental, foram de 64 a 74%.

Comparando os valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) dos efluentes coletados nos pontos 1 e 4, nos quatro dias de amostragem, verificou-se que as remoções desta característica oscilaram de 57 a 65%. No entanto, os valores de DBO no ponto 4, obtidos ao longo do período experimental, foram inferiores ao limite máximo de 120 mg L^{-1} estabelecido pela Resolução CONAMA n.º 430 para lançamento de esgotos domésticos tratado em corpos hídricos (Brasil, 2011). Este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor, conforme especificado na Resolução CONAMA n° 357 (Brasil, 2005). A Figura 3 mostra essa remoção encontrada.

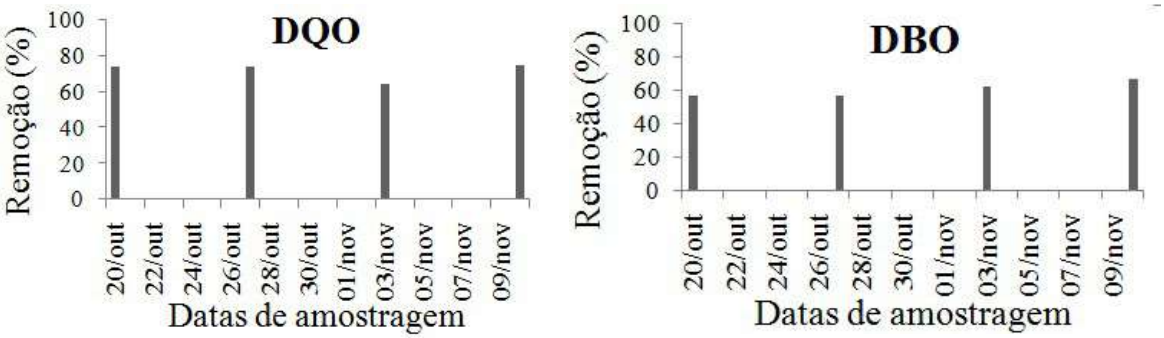


Figura 3. Remoção da Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) do esgoto doméstico no sistema de tratamento, ao longo do período experimental.

Constatou-se que os valores de sólidos suspensos do efluente do reator solar (ponto 4) oscilaram de 6 a 68 mg L^{-1}. Realizando comparações entre os valores de sólidos suspensos para os pontos 1 e 4 constataram-se remoções de 89 a 99%. De acordo com a Portaria n.º 154 do Estado do Ceará (Ceará, 2002), os resultados de sólidos suspensos foram inferiores ao limite de 50 mg L^{-1} estabelecido para lançamento de efluentes tratados em corpo hídrico, exceto no dia 20 de outubro de 2010.

Os valores de sólidos totais apresentaram variações de 366 a 610 mg L^{-1} para os efluentes coletados no reator solar (ponto 4). Notaram-se, também, remoções de sólidos totais variando de 35 a 61%, ao longo do período experimental, conforme apresentado na Figura 4.

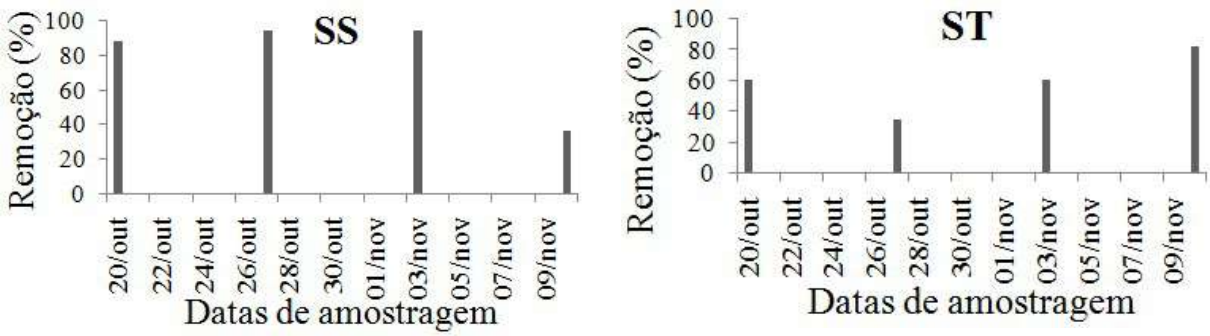


Figura 4. Remoção dos sólidos suspensos (SS) e sólidos totais (ST) do esgoto doméstico no sistema de tratamento, ao longo do período experimental.

As concentrações de fósforo nos efluentes coletados no ponto 4 oscilaram de 6,90 a 16,29 mg L^{-1}. Verificou-se que as remoções de fósforo variaram de 41 a 60%, ao longo do período experimental, como apresentado na Figura 5.

Os valores de óleos e graxas (substâncias solúveis em hexano) do efluente do reator solar (ponto 4) apresentaram variação de 1,20 a 6,90 mg L^{-1}. Os resultados obtidos em todo período experimental foram inferiores ao limite de 100 mg L^{-1} estabelecido pela Resolução CONAMA n.º 430 (Brasil, 2011) para lançamento de esgotos domésticos tratados em corpo hídrico receptor. As remoções de óleos e graxas variaram de 95 a 99,7% ao longo do período experimental (Figura 5).

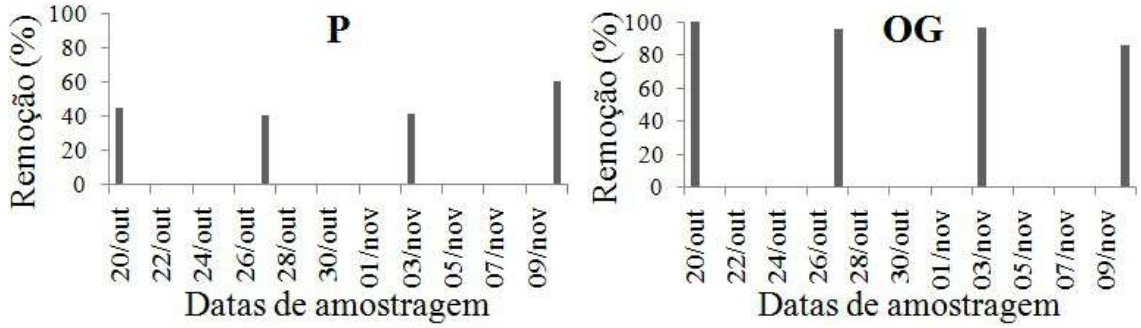


Figura 5. Remoção de fósforo total (P) e óleos e graxas (OG) do esgoto doméstico no sistema de tratamento, ao longo do período experimental.

Em relação às características microbiológicas, observou-se que houve redução no nível populacional de coliformes totais e termotolerantes quando se estabelece comparação entre os pontos 1 e 4, durante o período experimental.

As remoções de coliformes totais e termotolerantes oscilaram de 99,36 a 99,99 e de 99,91 a 99,99%, respectivamente. De acordo com os limites estabelecidos pela Portaria n.º 154 do Estado do Ceará (Ceará, 2002), o efluente atende as recomendações para irrigação de culturas não consumidas cruas, onde o nível populacional de coliforme termotolerantes deva ser inferior a 5000 NMP 100 mL^{-1} (Número Mais Provável por 100 mL).

Os níveis de remoção de coliformes totais e termotolerantes foram semelhantes aos obtidos por Moura et al. (2011) com o uso de reatores solares para a desinfecção de esgoto doméstico de filtro anaeróbio. Moura et al. (2011) verificaram que um tempo de exposição de 12 horas permitiu remoções de até 99,99 e 99,99% na população de coliforme total e coliforme fecal, respectivamente como mostrado na Figura 6.

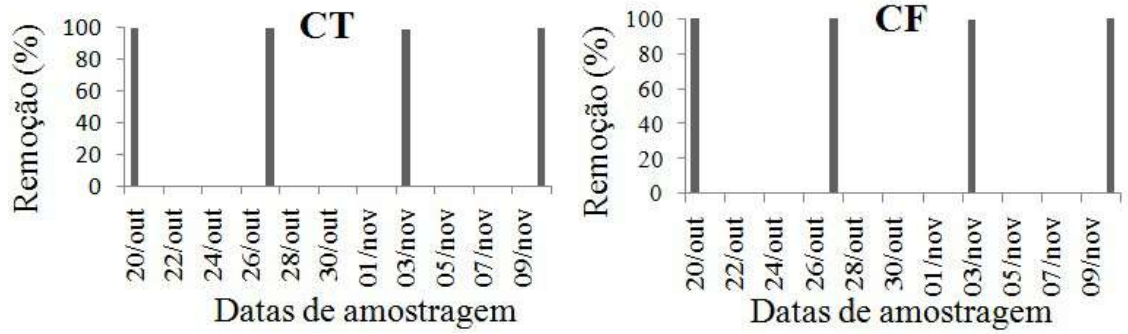


Figura 6. Remoção de coliformes totais (CT) e coliformes fecais (CF) do esgoto doméstico no sistema de tratamento, ao longo do período experimental.

Estão apresentados na Tabela 3 os valores médios e o resumo da análise estatística das características físicas, químicas e microbiológicas do esgoto doméstico nas etapas de tratamento referentes aos pontos 1, 2, 3 e 4 na fase inicial de desenvolvimento do capim elefante.

Tabela 3. Valores médios e o resumo dos testes estatísticos das características físicas e químicas do esgoto doméstico nos pontos de amostragem 1, 2, 3 e 4 dos protótipos de tratamento de esgoto doméstico.

Característica	F	Amostragem			
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
pH	3,99^{ns}	6,65	6,65	6,61	6,17
Condutividade elétrica (dS m^{-1})	0,09 ^{ns}	1,26	1,23	1,2	1,19
Turbidez (UNT)	6,22*	576,50a	116,28b	37,10b	33,47b
Coliformes totais (NMP 100 mL)	2,39^{ns}	6,8x10^{7}			4,7x10^{5}
Coliformes termotolerantes (NMP 100 mL)	50,75*	1,1x10^{6}a			2,8x10^{2}b
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	150,51*	459,19a			138,54b
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5)	214,39*	181,56a			72,15b
Sólidos totais (mg L^{-1})	65,88*	922,50a	735,75a	487,75b	452,00b
Sólidos suspensos (mg L^{-1})	41,81*	423,00a	261,00a	30,75b	25,00b
Fósforo (mg L^{-1})	12,26*	24,13a			13,18b
Nitrogênio total (mg L^{-1})	1,22^{ns}	55,94			52,98
Óleos e graxas (mg L^{-1})	16,91*	208,28a			3,33b
Nitrato (mg L^{-1})	2,56^{ns}	13,54			26,83

Nota: Ponto 1: efluente coletado na entrada do decanto-digestor; Ponto 2: efluente coletado na saída do decanto-digestor; Ponto 3: efluente coletado à jusante do sistema alagado construído; e Ponto 4: efluente coletado no reator solar. * F significativo a 5% de probabilidade. ^{ns} F não-significativo a 5% de probabilidade. Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas linhas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Pela análise de variância, verificou-se que as características pH, condutividade elétrica, coliformes totais nitrogênio total e nitrato não foram significativas a 5% de probabilidade pelo teste F. Enquanto, as características turbidez, coliformes termotolerantes, Demanda Química de Oxigênio, Demanda Bioquímica de Oxigênio, sólidos totais, sólidos suspensos, fósforo e óleos e graxas foram significativas a 5% de probabilidade pelo teste F, o que permite a utilização do teste de Tukey para comparação das médias (Tabela 3).

Estabelecendo comparação entre os pontos 1 e 4, notou-se que as características turbidez, coliformes termotolerantes, Demanda Química de Oxigênio, Demanda Bioquímica de Oxigênio, sólidos totais, sólidos suspensos, fósforo e óleos e graxas diferem estatisticamente entre si à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Significa afirmar que o tratamento foi eficiente na remoção das características analisadas, o que tornar esta técnica valida e eficaz para o tratamento de esgoto domestico nestas condições ambientais.

Na Figura 7 está apresentado o indicador visual do nível de tratamento obtido no sistema implantado na Projeto de Assentamento Milagres, em Apodi-RN. Notou-se, nesta figura, que o sistema proporcionou ótima remoção de turbidez, sólidos e carga orgânica com tratamento preliminar/primário no decanto digestor e filtros anaeróbios, tratamento secundário/terciário no sistema alagado construído e tratamento terciário no reator solar.

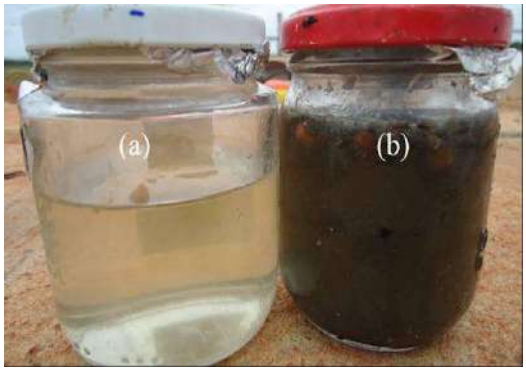


Figura 7. Indicador visual do nível de tratamento obtido na mini-estação. Efluente tratado (a) e efluente sem tratamento (b).

4. CONCLUSÃO

Diante dos resultados, conclui-se que: houve remoção significativa de turbidez, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Demanda Química de Oxigênio, sólidos suspensos, fósforo nitrogênio total e óleos e graxas com o uso conjunto de decanto-digestor, sistema alagado construído e reator solar; os valores de óleos e graxas e Demanda Bioquímica de Oxigênio atendem as recomendações nacionais para lançamento de esgoto doméstico tratado em corpo hídrico; com um valor médio de radiação solar de 28,73 MJ m^{-2} d^{-1} com uso de uma lâmina de 0,10 m de efluente e tempo de exposição solar 12 horas em Apodi-RN permitiu remoção de até 99,99% dos coliformes termotolerantes; e o efluente tratado apresenta um padrão microbiológico que atende as diretrizes estaduais para irrigação de cultivos agrícolas não consumidos crus.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FINEP e à Universidade Federal Rural do Semi-Árido pelo apoio financeiro.

6. REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21th ed. Washington, DC,.2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7229:1993**: projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993. 15p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. **NBR 7229:1982**: construção e instalação de fossas sépticas e disposição dos efluentes finais. Rio de Janeiro, 1982. 37p.

BATISTA, R. O.; SARTORI, M. A.; SOARES, A. A.; MOURA, F. N.; COSTA PAIVA, M. R. F. Potencial da remoção de poluentes bioquímicos em biofiltros operando com esgoto doméstico. **Revista Ambiente & Água**, v. 6, n. 3, p. 152-164, 2011. http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.625

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2012.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>.Acesso em: 31 mai. 2012.

BRASIL, M. S.; MATOS, A. T.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P. A. Qualidade do efluente de sistemas alagados construídos, utilizados no tratamento de esgoto doméstico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 133-137, 2005. Suplemento.

CEARÁ. **Portaria n° 154, de 22 de julho de 2002**. Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras. Disponível em: <http://antigo.semace.ce.gov.br/integracao/biblioteca/legislacao/conteudo_legislacao.asp?cd=95>. Acesso em: 25 mai. 2012.

INTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍCTICA - IBGE. **Pesquisa nacional de saneamento básico 2008**. Rio de Janeiro, 2010. 219p.

MATOS, A. T. **Disposição de águas residuárias no solo**. Viçosa, MG: AEAGRI, 2007. 140 p. (Caderno didático, n. 38).

MOURA, F. N.; BATISTA, R. O.; SILVA, J. B. A.; FEITOSA, A. P.; COSTA, M. S. Desempenho de sistema para tratamento e aproveitamento de esgoto doméstico em áreas rurais do semiárido brasileiro. **Engenharia Ambiental**, v. 8, n. 3, p. 264-276, 2011.

OLIVEIRA, D. Q. L.; CARVALHO, K. T. G.; BASTOS, A. R. R.; OLIVEIRA, L. C. A.; MARQUES, J. J. G. S. M.; NASCIMENTO, R. S. M. P. Utilização de resíduos da indústria de couro como fonte nitrogenada para o capim-elefante. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, 417-424, 2008. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000100039

PROCHASKA, C. A.; ZOUBOUSLIS, A. I. Treatment performance variation at different depths within vertical subsurface-flow experimental wetlands fed with simulated domestic sewage. **Desalination,** Thessaloniki, v. 237, n. 1-3, p. 367-377, 2008. http://dx.doi.org/10.1016/j.desal.2008.01.028

RIBAS, T. B. C.; FORTES NETO, P. Disposição no solo de efluentes de esgoto tratado visando à redução de coliformes termotolerantes. **Revista Ambiente & Água**, v. 3, n. 3, p. 81-94, 2008. http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.63

SANCHES-RAMON, R.; SOARES, A. A.; MATOS, A. T; SEDIYAMA, G. C.; SOUZA, O.; MOUNTEER, H. A. Domestic wastewater disinfection using solar radiation for agricultural reuse. **Transactions of the ASABE**, v. 50, n.1, p. 65-71, 2007.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME - UNDP. **Human development report 2006**: power, poverty and the global water crisis. New York, 2006. 440p.

You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

ASPECTOS ECONÔMICOS E AMBIENTAIS DA EXPLORAÇÃO SALINEIRA NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

Joel Medeiros Bezerra[1], Rafael Oliveira Batista[2], Paulo César Moura da Silva[2], Carlos Thiago da Silveira Lopes Morais[1], Alex Pinheiro Feitosa[1]

RESUMO

O crescimento econômico tem se baseado na premissa de utilização indiscriminada dos recursos naturais não renováveis. Entretanto, muitos recursos naturais, por serem considerados "bens livres", não são negociados no mercado e, portanto, não têm seu valor expresso em moeda, sendo comercializados de forma indiscriminada e desordenada. O presente trabalho examina as limitações da abordagem econômica da temática ambiental, dando ênfase à indústria salineira instalada na região norte litoral do Rio Grande do Norte, onde essa faixa concentra praticamente toda produção nacional de sal. Sendo o processo de expansão acelerado do setor pela chegada da moderna tecnologia que mecanizou abruptamente as salinas, provocando o crescimento econômico acentuado e consequentemente a geração de impactos ambientais significativos. A metodologia utilizada neste trabalho foi focalizada em pesquisa bibliográfica, confrontando as ideologias da economia com os aspectos dos impactos ambientais resultantes das atividades exploratórias desordenadas e inadequadas. Concluindo pela necessidade de se desenvolverem enfoques multidisciplinares e flexíveis que consolidem as diferentes abordagens mediante a utilização de instrumentos econômicos e regulação direta, baseados na legislação ambiental vigente.
Palavras-chave: meio ambiente; desenvolvimento sustentável; recursos naturais.

ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL ASPECTS OF THE SALTING OPERATION IN RIO GRANDE DO NORTE

ABSTRACT

Economic growth has been based on the premise of indiscriminate use of exhaustible natural resources. However, many natural resources as being "free goods", are not traded in the market and therefore does not have its value expressed in money, being sold indiscriminately and disorderly. This paper examines the limitations of the economic approach of environmental issues, emphasizing the salt industry installed in the northern coast of Rio Grande do Norte, where the band focuses almost all domestic production of salt. As the process of accelerated expansion of the sector by the arrival of modern technology that mechanized salt abruptly, causing strong economic growth and consequently the generation of significant environmental impacts. The methodology used in this study was focused on literature, comparing the ideologies of economics with aspects of the environmental impacts of exploration activities disorganized and inadequate. Completing the need to develop flexible and multidisciplinary approaches to consolidate the different approaches through the use of economic instruments and direct regulation based on environmental regulations.
Key works: environment, sustainable development, natural resources.

Trabalho recebido em ___/__/2011 e aceito para publicação em 30/04/2012

[1] Engº Agrícola e Ambiental. Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas - DCAT. Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA. Caixa Postal 137. Mossoró-RN. CEP 59625-900. e-mail: joel_medeiros@oi.com.br, ctmorais7@hotmail.com, alexrn9@hotmail.com

[2] Engº Agrícola. Doutor. Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas - DCAT. Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA. Caixa Postal 137. Mossoró-RN. CEP 59625-900. e-mail: rafaelbatista@ufersa.edu.br, Paulo.moura@ufera.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Desde a Revolução Industrial, que iniciou-se na Inglaterra por volta de 1750, o crescimento econômico tem se baseado na premissa de utilização indiscriminada dos recursos naturais não renováveis. Nessa concepção, a criação de riqueza resulta do processo de dominação e transformação da natureza, criando valores mensurados monetariamente que impulsionam o crescimento econômico (HOBSBAWN, 1978).

Entretanto, muitos recursos naturais, por serem considerados "bens livres", não são comercializados no mercado e, portanto, não têm seu valor expresso em moeda, ou seja, não têm preço. Como consequência, não são incluídos na contabilização dos agentes econômicos públicos ou privados e no cálculo da Renda Nacional.

Como resultado, as medidas de crescimento econômico falham em dois aspectos cruciais. De um lado, subestimam o valor da produção porque não incluem o valor monetário dos recursos naturais que não têm preço de mercado, mas foram incorporados aos bens e serviços, e de outro lado, não incluem a depreciação do capital natural representado pela apropriação de recursos não renováveis.

Com o agravamento dos danos ambientais, polarizado pela escassez de alguns recursos naturais não renováveis, como o petróleo e minerais, e pelo agravamento da poluição, provocada pelas atividades produtivas urbanas e pela agricultura, a questão ambiental ganhou importância mundial.

O alarme foi dado pelo Clube de Roma na década de 1960, cujas preocupações deram origem a um cenário pessimista acerca do esgotamento dos recursos naturais e, portanto, dos sérios limites físicos ao crescimento econômico (MEADOWS *et al*., 1972).

Cada vez mais, teóricos de diversas áreas do conhecimento têm tomado consciência das falhas dos modelos de crescimento econômico. As falhas que têm sido identificadas caracterizam um conflito entre economia e ecologia que, em última instância, poderá limitar ou mesmo inviabilizar a continuidade do próprio crescimento econômico. Mesmo que essa perspectiva mais catastrófica não se concretize, tornou-se evidente que a degradação ambiental não é equitativamente distribuída entre os grupos sociais nem entre as regiões e países.

Esse panorama deu origem ao conceito de desenvolvimento sustentável, segundo o qual o desenvolvimento não deve ser entendido apenas pela eficiência econômica e proteção ambiental, mas deve formar um tripé com um terceiro elemento, a eqüidade social. Assim, passou-se ao

entendimento de que a proteção do meio ambiente é importante para o crescimento da economia e melhoria do bem-estar social. Portanto, um desenvolvimento visando a esses três objetivos inclui, necessariamente, o futuro da sociedade em suas preocupações ambiental, social e econômica (MACEDO, 2002).

Atribuir importância econômica aos recursos naturais, não somente pela sua escassez relativa, mas pela necessidade de preservá-los, de incorporar à sua avaliação critérios não monetários que, entretanto, expressem a importância econômica do meio ambiente, é um dos desafios a ser enfrentado para atingir o desenvolvimento sustentável.

Portanto, o propósito deste artigo é apresentar, de maneira sistematizada, as principais características das abordagens no âmbito socioeconômico e ambiental, identificando os respectivos instrumentos, voltado à exploração dos recursos naturais exauríveis, abordando a extração de recursos minerais, tal como o sal, diante do estado do Rio Grande do Norte. O desafio é mostrar que os antagonismos são mais aparentes do que reais e são, em grande parte, decorrentes da especificidade, da perspectiva de abordagem de cada uma dessas correntes e da natureza multidisciplinar do meio ambiente. A intenção é contribuir para o desenvolvimento e aprimoramento dos processos de gestão ambiental de acordo com a legislação ambiental vigente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa classifica-se quanto à finalidade, como de natureza exploratória. Em relação aos meios, classifica-se como pesquisa bibliográfica, confrontando as ideologias da economia com os aspectos dos impactos ambientais resultantes das atividades antropogênicas exploratórias desordenadas.

A população em estudo é composta pelas empresas do ramo salineiro do estado do Rio Grande do Norte que exercem como a principal atividade a extração e beneficiamento do sal marinho.

O sal é um composto cristalino de sódio (NaCl), encontrado em estado natural em alguns terrenos ou diluído na água do mar. É usado principalmente como condimento e na conserva de carnes, embutidos e enlatados. No nordeste brasileiro, a produção de sal está concentrada na exploração de salinas a partir da água do mar, cujo processo é denominado de “Processo de produção de sal por evaporação solar”.

O sal marinho foi um dos primeiros produtos minerais a ser comercializado e exportado pelo Rio Grande do Norte, cuja exploração extensiva das salinas de

Mossoró, Areia Branca, Macau e Açu, data de 1802, perdurando até os dias atuais.

Outra área produtora de sal marinho, de menor importância que a primeira, era compreendida pelos municípios de Canguaretama, Arês e São Gonçalo do Amarante. Atualmente, as principais regiões produtoras de sal marinho compreendem os municípios de Mossoró, Macau, Areia Branca, Grossos, e Galinhos.

A produção tem início com a captação da água do mar, com densidade de 3,5° Be (26 g/l NaCl), pela estação de bombeamento inicial, ou pela abertura de comportas nas mares altas, nas pequenas salinas, e posterior adução para a área de evaporação da salina, a qual é subdividida em áreas menores, chamadas de evaporadores.

A circulação da salmoura na área de evaporação é realizada por gravidade e por estações de bombeamento interligadas. À medida que a salmoura percorre a área de evaporação, aumenta a sua concentração devido à evaporação da água, e ao atingir a densidade de 25 a 26° Be (255 – 268 g/l NaCl), a salmoura é transferida por bombeamento para a área de cristalização do cloreto de sódio (NaCl), e salmoura, ao atingir a densidade de 29° Be, fase em que a salmoura é chamada de "água mãe", é descartada para o mar ou corpo d'água mais próximo, atividade esta propensa a geração de impactos ambientais adversos ao corpo receptor.

Após a precipitação do sal e durante o período de colheita, os cristalizadores são drenados e o sal é colhido por máquinas colhedoras e transportado para o sistema de lavagem. O sal colhido do cristalizador é descarregado num funil de alimentação do sistema de lavagem, para ser lavado e depois empilhado por esteiras rolantes e tratores, escavadeiras e outros maquinários na área de estocagem, para posterior beneficiamento.

O meio ambiente influência diretamente a qualidade do sal por meio da qualidade de sua matéria-prima, a água do mar, além das condições climáticas.

Com o processo de modernização das salinas, iniciado a partir da década de 1950, empresas de porte médio a grande, passaram a desenvolver uma política de integração econômica, para agregação de maior valor do produto, indo desde a produção, transporte, comercialização, até a industrialização do sal, algumas inclusive com capital estrangeiro. Daí em diante, elas passaram a dominar o mercado do sal marinho, detendo um maior volume da produção, em detrimento das pequenas e micro (artesanais), concentrando cerca de 85% a 90% desta. Dentre as empresas consideradas como médias a grandes, assinalamos a Companhia Industrial do Rio Grande do Norte - Cirne, Salmac, S/A

Salineira do Nordeste, Salinas Guanabara, Transbrasília Indústria Mercantil e Sosal, com salinas em Macau e Mossoró; Henrique Lage Salineira do Nordeste e Severo Irmãos SA Comércio, Indústria e Navegação, com salinas em Macau; F.Souto Indústria, Comércio e Navegação, com salinas em Areia Branca, Grossos, Macau e Mossoró; Norte Salineira – Norsal, com salina em Areia Branca; Salina Amarra Negra, com salina em Galinhos; Cooperativa Mista dos Pequenos Produtores Salineiros de Grossos, com salinas em Grossos; Marisal, Salina Cristal, Cimsal – Comércio, Indústria, Moagem e Refinação de Sal Santa Cecília e Sociedade Oeste – Socel, com salinas em Mossoró, e outras (CARVALHO, 2005a).

A produção de sal marinho é muito concentrada geograficamente, contribuindo o Rio Grande do Norte com mais de 90% da produção brasileira, ficando o restante com o Rio de Janeiro, Ceará e Piauí. No Rio Grande do Norte, a produção de sal também é concentrada geograficamente, ocorrendo em apenas cinco municípios, sendo que dois deles, Macau e Mossoró, contribuem com cerca de 75% da produção total. Também é muito concentrada a produção por empresa. No Estado, a maior empresa tem uma participação de 40% na produção total; as duas maiores contribuem com 57,5% da produção; e a participação das seis maiores é de 89,5% do total. As exportações também são muito concentradas, destinadas à Nigéria e aos Estados Unidos que, juntos, absorvem 90% das exportações de sal marinho a granel. A capacidade de refino está mais distribuída, ficando 56% dela no Rio Grande do Norte e 44% no Sul/Sudeste, principalmente em Cabo Frio, no estado do Rio de Janeiro SIMORSAL (CARVALHO, 2005b).

Embora seja um oligopólio homogêneo com firma dominante na produção de sal bruto, na fase de moagem e refino aumenta a concorrência e a diferenciação. Os produtores de sal bruto normalmente produzem também sal moído e sal refinado, mas recebem a concorrência de grande número de moageiras independentes, localizadas tanto no Rio Grande do Norte como noutros Estados, que adquirem o sal de terceiros. O sal moído e, principalmente, o sal refinado já são produtos com certa diferenciação, havendo grande número de marcas, em alguns casos, várias para o mesmo produtor.

A forma de escoamento da produção depende do tipo de produto. O sal bruto a granel é escoado pelo terminal salineiro de Areia Branca (TERMISA), sendo destinadas às refinarias, indústrias, ou para exportação. O sal moído e o refinado são transportados diretamente para os consumidores em carretas ou, acondicionados em containeres, e

transportados para o porto de Fortaleza/CE, de onde seguem por via marítima.

A demanda por sal está distribuída em três segmentos principais: consumo humano, consumo animal e uso industrial (principalmente na indústria química). Cada um desses segmentos tem comportamento diferente e requer produtos com especificações próprias.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante muito tempo o segmento salineiro foi submetido à regulamentação governamental. Com o fim da regulamentação, aumentou a concorrência e houve queda nos preços. Caíram os níveis de rentabilidade das empresas, situação agravada por deficiências de gestão das mesmas. Essas deficiências estão sendo superadas, devido ao esforço no sentido de modernização das empresas e de gestão da oferta de sal de modo a ajustá-la às condições do mercado. O resultado tem sido a recuperação dos preços e dos níveis de rentabilidade.

Não existem obstáculos de grande monta que impeçam a ampliação da produção de sal para atender expansões da demanda interna ou aumentos das exportações. As salinas têm capacidade para ampliação e o escoamento da produção de sal moído e sal refinado por via rodoviária e por via rodoviário-marítima, vêm ocorrendo de forma satisfatória, apesar de haver necessidade de conservação e recuperação das estradas. A disponibilização de transporte ferroviário é uma alternativa que merece ser considerada em face das grandes quantidades de sal que são movimentadas. Para escoamento do sal a granel, o TERMISA, em operação há trinta anos, requer melhoramentos: necessidade de ampliação do pátio de estocagem, aumento da velocidade de carregamento dos navios e aumento da capacidade de atracação. Além disso, os canais de acesso das barcaças às salinas precisam ser dragados. Quanto ao porto de Natal, a principal dificuldade para sua utilização para transporte do sal produzido no Estado é a falta de uma linha regular de cabotagem. Além disso, outros pontos negativos apontados são:

- Custo elevado dos financiamentos;
- Falta de disponibilidade de gás natural para uso como combustível no refino;
- Concorrência desvantajosa com pequenos produtores informais; e
- Escassez de mão-de-obra especializada.

Pequena parte da produção de sal provém de pequenas salinas. Esse grupo, que atua de forma pouco formal, necessita de maior atenção para que possa melhorar

suas condições de funcionamento de suas atividades.

Um ponto que merece atenção diz respeito à transposição de águas do Rio São Francisco para o Rio Apodi-Mossoró. Devendo ser ponderados os danos que a perenização do Rio Apodi-Mossoró poderá causar às salinas localizadas em sua bacia.

Aspecto no âmbito socioeconômico da exploração do recurso mineral do sal.

O Rio Grande do Norte produz uma considerável e diversificada quantidade de bens minerais. Entre estes, destacam-se: o granito e o mármore; a diatomita, utilizada no isolamento térmico e na fabricação de tintas e esmaltes; o calcário sedimentar, usado na indústria de barrilha, cimento, vidro, produtos farmacêuticos e petroquímicos; o caulim para fabricação de cerâmica, papel, borracha; a mica, na indústria elétrica e eletrônica; a tantalita-columbita, na fabricação de ferramentas; e as gemas, utilizadas no setor de joalheria. Dispõe ainda de reservas consideráveis de scheelita, mineral estratégico, cuja produção está praticamente paralisada em decorrência de fatores conjunturais adversos, superáveis em médio prazo (CARVALHO, 2005b).

Além dessa extensa variedade, o Estado destaca-se como o maior produtor nacional de sal marinho com mais de 90% do total extraído no Brasil (Tabela 1), sendo um produto largamente utilizado como complemento alimentar, na indústria química para produção de cloro e derivados, e na agricultura como ração animal.

Tabela 1. Quantidade de Sal marinho produzido no Rio Grande do Norte em relação ao Brasil (1997-2001).

Ano	*Quantidade Produzida (t)*		*Participação (%) (A/B)*
	Rio G. do Norte (A)	**Brasil (B)**	
1997	4808000	5064000	94,94
1998	5108000	5353000	96,77
1999	4378000	4528000	96,69
2000	4435515	4625515	95,89
2001	4166143	4371143 (1)	95,31

Fonte: SIESAL (2008). (1) A produção do Rio de Janeiro foi estimada em 100.000 t.

Por ser dotado de um potencial privilegiado em recursos minerais e estoques de reservas, além da flexibilidade de sua legislação, o Brasil, e em particular o nordeste, apresenta atrativos inigualáveis para novos empreendimentos minero-metalúrgicos (PINTO *et al*., 1995).

O setor mineral do Nordeste, dentre os vários ramos da atividade produtiva, apresenta a peculiaridade de não se ressentir de adversidades climáticas, como as secas. Pelo contrário, apresenta historicamente maior desenvolvimento nos períodos prolongados de estiagem, onde as populações afetadas, na falta de outros meios de obtenção de seus sustentos, recorrem à atividade de garimpagem (BANCO DO NORDESTE, 1999).

Nos períodos chuvosos, Janeiro a Abril na região, a produção de sal diminui consideravelmente. Se chover muito e por um período de tempo prolongado, a intensa insolação diminui consideravelmente, acarretando com isso a diminuição da produção deste produto que na sua produção gera emprego e renda muito maior em época de estiagem. Por seguinte a ocorrência do fenômeno natural das secas periódicas não é problema para o desenvolvimento desta importante atividade econômica que gera expressivo volume de divisa para o RN.

Um fator que deverá dar um novo impulso ao setor salineiro do Estado será a conclusão da fábrica de barrilha localizada no município de Macau.

Em decorrência do fenômeno de transição econômica, a partir dos anos 80, verificaram-se mudanças na composição da pauta de exportação do Estado com a perda de posição relativa de produtos tradicionais como o sal e a lagosta (Tabela 2), e o surgimento de novos produtos como frutas tropicais, produtos de confeitaria, produtos têxteis e camarão.

Tabela 2. Exportação segundo os produtos (1997-2001).

PRODUTOS	**Exportação (YS$ 1.000)**				
	1997	**1998**	**1999**	**2000**	**2001**
T-shirt algodão	-	4509	981	21382	29308
Camarão	-	137	1558	13461	28833
Melão	19358	25673	24617	20546	25987
Castanha de caju	15519	13558	19634	20460	19054
Açúcar	1319	11391	8765	9360	16509
Sal	2281	5330	7301	8840	10286
Confeitaria	6336	4500	5056	6745	10264
Peixe	-	-	3524	3929	9861
Banana	2001	2230	2607	5536	6655
Tecido de algodão	4139	4403	4882	2247	4932
Lagosta	2281	2398	1553	1936	4303
Cera de carnaúba	-	-	1608	1853	4254
Outros	28399	27756	33387	33097	17338
Total	93504	101885	115473	149392	187584

Fonte: Rio Grande do Norte (2002)

Com relação à distribuição da produção de Sal marinho dos municípios no estado do Rio Grande do Norte, ver Tabela 3, onde são apresentados os valores da produção anual de cada município, sendo Macau e Mossoró os maiores representantes no setor de produção de sal no estado do Rio Grande do Norte, no período de 2004 a 2007.

Tabela 3. Indústria extrativa mineral, produção de sal marinho por município (2004-2007).

MUNICÍPIOS	PRODUÇÃO (t)			
	2004	2005	2006	2007
Total	4.813.418	5.344.483	4.918.197	5.066.241
Areia Branca	617.000	565.900	628.000	670.417
Galinhos	344.627	435.000	450.306	470.409
Grossos	250.314	297.036	337.942	322.823
Macau	1.977.877	2.158.000	1.824.391	1.794.000
Mossoró	1.623.600	1.888.547	1.677.558	1.808.592

Fonte: SIESAL (2008).

Aspecto da Economia Ambiental e Análise da Vulnerabilidade Ambiental

Há muito se fala em preservação do meio ambiente, no entanto, o termo "sustentável" é utilizado há menos tempo, más recentemente tem ganhado espaço na sociedade. O significado, ou o conceito de preservação do meio ambiente passou a ficar mais claro, a partir do momento em que mudamos o nosso comportamento e consciência da importância que este tema tem para a comunidade. Um exemplo disto tem sido o ato de segregar os materiais a descartar de forma classificada, resultando em melhor alocação dos resíduos e a mais apropriada destinação para reciclagem e reaproveitamento de materiais.

Vale ressaltar e para tanto, temos por fonte o conceito de 'economia ambiental' definido que bem resume: De acordo com Junior (2009), "a economia ambiental é um sub-ramo da economia que se debruça, sobretudo no estudo do uso de propriedade comum. Atualmente temas relacionados com a economia ambiental têm sido bastante popularizados. A economia ambiental procura arranjar maneiras de mitigar os problemas de modo a maximizar o valor dos recursos. Entre esses temas

incluem-se: a desflorestação, a sobre-exploração dos recursos marinhos, o aquecimento global derivado do efeito estufa resultante das emissões de gases para a atmosfera, etc. Um grande impulso na área foi dado pelo protocolo de Quioto (procura de meios para reduzir o efeito do aquecimento global)".

A questão da sustentabilidade tem a ver com a melhor e mais otimizada alocação de recursos, sejam materiais, ambientais e recursos em geral, tais como a organização de processos, de pessoas, de capital. Enfim, através do conceito mais acadêmico, tudo que tenha relação direta com os fatores de produção quais, sejam: Capital, Terra e Trabalho. Enfim, tudo a seu tempo, no devido lugar e na quantidade certa e necessária, de forma a minimizar os desperdícios.

Tudo tem aplicação neste campo, reduzindo o desperdício de água estaremos contribuindo para a preservação de um bem, através da melhor utilização, e assim, com relação a qualquer bem que possa se tornar escasso e que tenha potencial valor econômico, de forma a viabilizar o uso múltiplo. Neste sentido pode ter o seu valor econômico alterado para patamares inviáveis de consumo.

De outra forma, temos definido que a Economia – é a ciência que estuda a escassez de recursos frente às necessidades ilimitadas. Segundo a trilogia clássica formação, distribuição e consumo de riquezas, "a economia é a ciência que se preocupa com o estudo das leis econômicas que devem ser seguidas para que seja mantida em nível elevado a produtividade; melhorado o padrão de vida das populações e empregados corretamente os recursos escassos" (JUNIOR, 2009).

Quanto aos impactos ambientais, a exploração dos recursos naturais em sua essência, tende a agredir o meio ambiente, requerendo a adoção de práticas conservacionistas que evitem a inviabilização econômica de áreas produtivas.

Devido à "pressão" desenvolvimentista, a exploração destes recursos é feita, invariavelmente, de forma inadequada e imediatista, prevalecendo os resultados econômicos em curto prazo. A falta de políticas conservacionistas que regulamentem a exploração e preservação do meio ambiente tem gerado o descumprimento das legislações pertinentes e o próprio desconhecimento das formas mais corretas do uso, traduzindo-se em ações que tendem a prejudicar de modo muitas vezes irreversível as áreas trabalhadas, usufruindo de maneira desordenada, exaurindo os aspectos de qualidade e quantidade, de modo individual e/ou em conjunto. Dessa forma, a política de sustentabilidade para a área mineral, não

pode ser estabelecida sem que a mesma esteja situada no contexto econômico, social, cultural e ecológico da região, e dos recursos naturais como um todo.

Para administrar a preservação ambiental e a exploração sustentável dos recursos naturais, a política terá de ser concebida através dos Planos de Desenvolvimento Regional e do reordenamento da base física, através do Zoneamento Ecológico-Econômico do Nordeste.

Considera-se o zoneamento não só um documento de caráter legal, como também um instrumento técnico para a planificação comprometida com a racionalização do desenvolvimento. Em regiões como o Semi-Árido é permitida uma análise global e integrada dos elementos que compõem o sistema físico-biótico e o social-econômico. Este último enfoque é fundamental, não só pelo fator do homem ser atualmente o principal agente modificador do meio físico, mas porque, para a elaboração e reimplementação de qualquer programa de desenvolvimento é indispensável para o conhecimento das atuais relações econômicas e socioambientais.

A vertente mineral do Nordeste, não apresenta grandes impactos ao ambiente se comparada a outras regiões, onde existe poluição provocada pelo mercúrio, assoreamento de rios, grandes desmatamentos, problema de invasão de terras, poluição atmosférica ou mesmo lançamento de efluentes que venham a comprometer a qualidade ambiental dos corpos hídricos, etc. Alguns aspectos podem ser ressaltados como importantes para o controle da exploração mineral:

– O controle absoluto dos resíduos da extração tratamento e beneficiamento do minério, principalmente daqueles que contaminam o meio ambiente; uso de tecnologias adequadas para um melhor aproveitamento de substâncias minerais e minimizar o impacto (anti-poluentes em fábrica de cimento, por ex); exigir das empresas mineradoras programa específico de preservação ambiental e recuperação de áreas que venham ser degradadas.

– O uso dos dispositivos Constitucionais, Jurídicos e Legais, por sua vez, permitirão aos Governos Federal, Estadual e Municipal a regulamentação e adequação do uso dos recursos naturais, propiciando forma eficaz de controle e de intervenções quando o caso requerer.

Dentre os impactos ambientais diretamente negativos, que podem ser gerados na produção do sal, destacam-se:

- Degradação de áreas de mangue: provocada pela remoção da cobertura vegetal e alteração das camadas de solo, em face da abertura de canais, implantação dos evaporadores e demais instalações da planta e também à deposição de material

em áreas adjacentes. A instalação de salinas nos manguezais causa a morte de toda a flora e fauna da área utilizada. Mesmo depois de desativadas as áreas das salinas não voltam a ser manguezal (não se regeneram), tornando-se secas, arenosas e sem vegetação, com aparência típica de apicum;

- Impactos sobre a fauna silvestre regional: decorrentes da retirada da revegetação e destruição do seu habitat, a exemplo de crustáceos. É importante verificar se o empreendimento não causará prejuízo à migração de aves que se utilizam de regiões de salineiras para fazerem suas escalas;
- Degradação do solo e águas: decorrentes da disposição inadequada dos rejeitos da produção do sal, com destaque para a "água mãe", que é uma salmoura de alta concentração, que não se presta para a produção de sal, e devido a sua alta concentração não pode ser jogada em qualquer lugar, pois pode, por exemplo, matar a microfauna existente no ecossistema do mangue, se ali for despejado; o sulfato de cálcio e o "carágua", que é uma camada de sal "doce" que se forma nos cristalizadores, que apesar de não causar maiores impactos, torna-se preocupante pela quantidade produzida.

Considerando que os impactos ambientais negativos causados pela produção de sal são controláveis e mitigáveis, destacam-se as seguintes medidas atenuantes:

- Redução da área a ser desmatada, procurando não atingir manguezais para a implantação da salina, mediante a otimização das etapas de adução e evaporação, diminuindo consequentemente a área destinada aos evaporadores, podendo reduzir potencialmente a produção de sal;
- Despejo de "água mãe" no mar;
- Utilização de sulfato de cálcio e aproveitamento do "carágua" no capeamento de estradas internas das salinas, que até então não se presta para outro tipo de aproveitamento, além de investimento tecnológico para outros reusos.

Na elaboração e análise de projetos de salinas, deve-se observar a ocorrência de:

- Alterações no meio ambiente, tais como aumento da concentração de sal da água, que é captada com 27 g/l NaCl, com a possibilidade de morte da microfauna;
- Alterações provocadas pela remoção da vegetação nativa para implantação da infraestrutura;
- Alterações no Meio Ambiente em função da destinação dos resíduos da

produção. A "água mãe" deve sempre retornar ao mar;

- Danos sobre a saúde dos trabalhadores, especialmente com as partes do corpo que ficam em contato direto com o sal, tais como pés e mãos. São muito comuns acidentes como cortes nos pés causados pelo sal, que podem ser reduzidos com o uso de "equipamentos de proteção individual";
- Ocorrência de poluição sonora provocada especialmente pelas maquinas de moagem do sal, que pode gerar incômodos à comunidade do entorno e imediações, no caso de o empreendimento localizar-se em áreas de adensamentos populacionais.

Existem algumas legislações ambientais vigentes que regularizam as atividades econômicas voltadas à exploração do sal, tais como:

- Decreto-Lei nº 1413 de 14/08/1975 – Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais (BRASIL, 1975);
- Lei Federal nº 6803 de 02/07/1980 – Dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial em áreas criticas de poluição e dá outras providências (BRASIL, 1980);
- Resolução CONAMA 357 nº de 17/03/2005 – Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências (BRASIL, 2005);
- Resolução CONAMA nº 369 de 28/03/2006 – Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP (BRASIL, 2006).

O controle da poluição: instrumentos econômicos e regulação direta

Segundo Macedo (2002), a teoria econômica que fundamenta a proposição de políticas ambientais toma por base os conceitos de externalidades, custos privados e custos sociais para o estabelecimento de mecanismos que induzam os agentes a considerar os custos sociais ambientais em suas decisões. A intenção é a de penalizar os atos poluidores ou degradadores e premiar ações que reduzam ou eliminem, tanto a poluição, quanto a degradação, promovendo o incentivo as políticas reguladoras socioambientais.

Quando o agente regulador especifica em detalhes os procedimentos a serem seguidos pelos poluidores, essa iniciativa é tipicamente do tipo comando e controle. Entretanto, a política reguladora

pode apenas definir os limites de emissão, deixando ao poluidor a escolha da metodologia e tecnologia mais adequadas. Essa flexibilização, com certeza, permite que entrem em ação as variáveis econômicas no processo decisório, induzindo o poluidor a escolher a solução mais eficiente, comparando custos e benefícios.

Em vista das dificuldades conceituais de classificar um instrumento e as dificuldades empíricas de aplicação do sistema de taxas vêm convencendo os neoclássicos a considerar como válida a adoção de sistemas mistos de taxa e padrão de emissões como instrumentos de política ambiental. Neste entendimento, a cobrança da taxa, de um lado, impulsiona o poluidor no sentido de eliminar ou reduzir a emissão de poluentes sempre que o custo envolvido for inferior à taxa; de outro lado, propicia ao agente (público) arrecadar recursos para implementar ações e incentivos visando a melhorias ambientais, inclusive o aprimoramento dos sistemas de gestão, além de investir em tecnologias limpas com potencias de mitigar os efeitos adversos.

A Tabela 4, transcrito de Almeida (1998), é uma excelente síntese dos principais tipos de taxas (ou subsídios) que vêm sendo adotadas por diversos países como instrumento de política ambiental. Embora a Tabela 4 seja autoexplicativa, cabe apresentar uma consideração sobre os subsídios, que podem ser entendidos como uma taxa com sinal invertido. Os subsídios são as diferentes formas de assistência financeira delineadas para incentivar os agentes a reduzir os níveis de poluição. Alternativamente, os subsídios podem assumir a forma de subvenção a ser paga pelo governo como compensação às vítimas de poluição. Neste caso, não tem nenhum efeito no sentido de reduzir a poluição, más atua como medida pecuniária de compensação ambiental.

O instrumental normalmente aplicado à gestão ambiental visando atuar diretamente sobre os problemas é freqüentemente referido como políticas de comando e controle. Consiste no estabelecimento e imposição de padrões de poluição, controle de processos produtivos, zoneamentos, cotas e períodos de exploração de recursos naturais.

Ao contrário dos instrumentos econômicos, a regulação direta não dá ao agente poluidor graus de liberdade para adaptar-se aos limites propostos. Em contrapartida, tem como vantagem sua eficácia ambiental que, associada à maior visibilidade das ações propostas, assegura às políticas de comando e controle apoio da opinião pública, dos formadores de opinião e da classe política.

Tabela 4. Instrumentos econômicos para controle da poluição.

TIPO DE INSTRUMENTO	DESCRIÇÃO
TAXAS	
Sobre Efluentes	Pagar sobre descargas no meio ambiente (no ar, na água, no solo ou geração de barulho) e baseadas na quantidade e/ou qualidade do efluente.
Sobre Usuários	Pagamentos pelos custos de tratamento público ou coletivo de efluentes (tarifas para tratamento de água e esgoto); cobradas uniformimente ou diferenciadas de acordo com a quantidade de efluente tratado.
Sobre Produto/ Diferenciação de Taxas	Adições ao preço do produto que geram poluição; as primeiras taxas sobre o produto) propiciam um incremento de receitaspara o governo.
SUBSÍDIOS	
Subvenções	Formas de assistência financeira condicionadas à adoção de medidas antipoluição.
Empréstimos Subsidiados	Financiamentos de investimentos antipoluição a taxas de juros abaixo das de mercado.
Subsidiados	Financiamentos de investimentos antipoluição a taxas de juros abaixo das de mercado.
Incentivos Fiscais	Depreciação acelerada ou outras formas de isenção, ou abatimentos de impostos em casos de adoção de medidas de antipoluição.
Sistemas de Devolução	Sobretaxas que incidem no preço final do produto potencialmente poluidor devolvidas quando do retorno devido do produto.
CRIAÇÃO DE MERCADO	
Licenças de Poluição Negociáveis	Compra e venda de direitos (cotas) de poluição; podem ser distribuídas dentro de uma planta, de uma mesma empresa ou ainda, entre várias empresas de uma mesma indústria. (*)
Seguro Ambiental Obrigatório	Trasnferência da responsabilidade (pelos danos ambientais) do poluidor para empresas de seguros.
Sustentação de Mercados	Intervenção do governo via preço. A fim de fomentar mercados para materiais secundários (reciclados).

(*) Nota do autor: Almeida utilizou a palavra indústria significando ramo de atividade.

Fonte: Almeida (1998).

As principais críticas, relativamente aos instrumentos econômicos, destacam como aspectos negativos das políticas de comando e controle as alegações de ineficiência econômica, redução da livre concorrência privilegiando empresas já implantadas e falta de estímulo à adoção de tecnologias mais limpas, após haver atingido os limites estabelecidos na regulamentação.

Deve-se considerar, entretanto, que em situações concretas há muitos pontos favorecendo as medidas de comando e controle, principalmente nos casos de reduzir a concentração espacial de atividades poluidoras, os zoneamentos ambientais preventivos e a indução ao assentamento de atividades econômicas em localidades previamente definidas.

Os principais instrumentos de Regulação Direta são apresentados na Tabela 5, transcrito de Almeida (1998).

Tabela 5. Instrumentos de política ambiental com base em regulações diretas.

TIPO DE INSTRUMENTO	DESCRIÇÃO
PADRÕES	Padrões de emissão de poluentes de qualidade ambiental, padrões tecnológicos (controle de equipamentos), especificações de processos e produtos (composição, durabilidade, etc.).
ZONEAMENTO E LICENÇAS	O zoneamento fixa áreas em que não são permitidas certas atividades: a concessão de licenças (não comercilizáveis) para instalação e funcionamento visa restringir as atividades a determinadas áreas e/ou a certos períodos do dia.
COTAS	Cotas (não comercializáveis) de extração de recursos naturais (exemplos: de madeira, para a pesca etc.).

Fonte: Almeida (1998).

4. CONCLUSÕES

Há extrema importância econômica da indústria salineira para o Rio Grande do Norte, evidenciada pela produção de mais de 90 % do sal brasileiro (100 % do sal de qualidade).

Cada vez mais se torna importante o conceito de "Desenvolvimento Sustentável", clarificado no caos social gerado no setor com o "desenvolvimento", aliado ao crescimento econômico, trazido para as salinas pela mecanização e operação do Porto Ilha de Areia Branca.

O meio antrópico, razão e base de sobrevivência da região, ainda não se recuperou dos impactos gerados no setor salineiro, clamando até hoje por medidas mitigadoras.

Os manguezais, flora privilegiada da região salineira, permanecem ameaçados, sejam pelas possibilidades de novas expansões nas salinas, pelos pólos turísticos programados ou pelas fazendas de camarão que começam a aparecer em substituição às pequenas salinas.

A evidente conclusão de que a gravidade dos impactos ambientais gerados (negativos em sua grande maioria) concentra-se no expansionismo descontrolado das salinas, mostrando o quanto é danoso à ausência de políticas públicas que valorizem essa questão. É verificável que a política ambiental dessas empresas está incipiente. Sendo que parte das empresas, sobretudo as micro, ainda não possui sequer política ambiental, e quanto aos procedimentos, registros e monitoramento das atividades, no sentido

de evitar, reduzir e/ou eliminar os efeitos dos impactos ambientais da atividade salineira, ainda não atingiram patamares desejáveis que garantissem a sustentabilidade ambiental.

A Constituição Federal Brasileira favorece, sem dúvida, a orientação, comando e controle e estabelece, inclusive, penalidades para aqueles que causam danos ambientais. Assim, a postura do governo federal tem se reproduzido nos governos estaduais e municipais na adoção de padrões ambientais, licenciamento ambiental de atividades e zoneamentos.

5. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. T. **Política ambiental: uma análise econômica**. Campinas-SP: Papirus, Fundação Editora da Unesp, p. 59-60. 1998.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 369 de 28/03/2006** – Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=489>. Acesso em: 29 mai. 2012.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 357 de 17/03/2005** – Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 29 mai. 2012.

BRASIL. **Lei Federal nº 6803 de 02/07/1980** – Dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial em áreas criticas de poluição e dá outras providências; Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/emergencias/wp-content/files/LEI%20No%206803-80.pdf>. Acesso em: 19 mai. 2012.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 1413 de 14/08/1975** – Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais. Disponível em: <http://www.carvaomineral.com.br/abcm/meioambiente/legislacoes/bd_carboniferas/geral/decreto_federal_1413-1975.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2012.

BANCO DO NORDESTE. **Manual de impactos ambientais**: orientações básicas sobre os aspectos ambientais de atividades produtivas. Fortaleza, p. 297. 1999.

CARVALHO, O. O. **Avaliação e Diagnóstico do Setor Mineral do Estado do RN:** 1 O setor mineral do estado do Rio Grande do Norte. 2005a. Disponível em:<http://www.fapern.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/fapern/aplicativos/enviados/ver_convenio.asp?idconvenio=3>. Acesso em: 20 set. 2012.

CARVALHO, O. O. **Avaliação e Diagnóstico do Setor Mineral do Estado do RN**: 3 Panorama do setor mineral do Rio Grande do Norte. 2005b. Disponível em: <http://www.fapern.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/fapern/aplicativos/enviados/ver_convenio.asp?idconvenio=3>. Acessado em: 20 mai. 2012.

HOBSBAWN, E. J. **Industry and empire**.Londres: Penguin Books Ltd, p.23-33. 1978.

JUNIOR, J. C. A. **Economia, o meio ambiente e o bem comum**. 2009. Disponível em: <http://www.artigonal.com/financas-artigos/a-economia-o-meio-ambiente-e-o-bem-comum-763121.html#>. Acesso em: 05 mai. 2012.

MACEDO, Z. L. **Os limites da economia na gestão ambiental**. São Paulo-SP: Margem, v.15, p.203-222. 2002.

MEADOWS, D. H.; MEADOWS, D. L.; RANDERS, J. **Limites do crescimento**: um relatório para o Projeto do Clube de Roma sobre o dilema da humanidade. São Paulo-SP: Perspectiva. 203 p. 1972.

PINTO, C. A. M.; MAGALHÃES, A. R. , LIMA, R. R.; VIERA, V. P. P. B.; SILVA, A. M.; MELER, C. C.; HOLANDA, A. N. C.; BUARQUE, S. C.; NETO, E. B.; MIRANDA, C. L. **Uma Estratégia de Desenvolvimento Sustentável para o Nordeste**. In: BRASIL (1995). Ministério da Integração Nacional. Projeto áridas, p. 10-33. 1995. (NOBRE P - ARIDA v. 1, n.1).

RIO GRANDE DO NORTE. IDEMA. **Perfil do estado do Rio Grande do Norte**: Aspectos Econômicos 3. 2002. Disponível em:<http://www.idema.rn.gov.br/governo/secretarias/idema/perfilrn/Aspectoseconomicos.pdf>. Acesso em: 19 mai. 2012.

SIESAL. **Economia, Indústria Extrativista Mineral**. 2008. Disponível em: < http://www.portal.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/idema/anuario/anteriores/anuario2008/dados_tecnicos_economia.html>. Acesso em: 25 mai. 2012.

DETERMINAÇÃO DA APTIDÃO AGRÍCOLA DA MICRORREGIÃO DE MOSSORÓ-RN

Jurema Maria Silva Araújo[1], Herison Alves de Oliveira[2], Hélio Nogueira Bezerra[3], Paulo César Moura da Silva[4]

RESUMO

O presente trabalho objetivou determinar a aptidão agrícola de uma região de grande importância econômica, localizada no oeste potiguar. A microrregião de Mossoró é composta pelos municípios de Tibau, Grossos, Areia Branca, Baraúna, Mossoró e Serra do Mel. Foi utilizada a metodologia proposta pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do solo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), que classifica a aptidão das terras com relação à água, mecanização e fertilidade ligada às classes de solos verificadas na área. No desenvolvimento do trabalho utilizou-se o geoprocessamento através das ferramentas existentes nos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), por meio de bases digitalizadas. A área de maior predominância referente à aptidão agrícola foi classificada como restrita para diferentes níveis tecnológicos, representando 71,67% da área em estudo. Verificou-se também áreas de aptidão agrícola regular e restrita para pastagem natural, 16,35% e 1,35%, respectivamente. A região apresentou também 1,96% de sua área classificada como sendo de aptidão agrícola regular para lavouras para diferentes níveis de tecnologia, além de 8,68% da área classificada como inapta para a prática agrícola, restando apenas à preservação da fauna e da flora local.

Palavras-chave: Avaliação das terras, uso racional, geoprocessamento.

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE AGRICOLA SUSTAINABILITY IN THE MICROREGION OF MOSSORÓ-RN

This study sought to determine the agricultural sustainability of a region of great economic importance, located in the western Potiguar. The micro-region of Mossoró is composed of the municipalities of Tibau, Grossos, Areia Branca, Baraúna, Mossoró and Serra do Mel. The methodology proposed by the National Service of Surveying and Soil Conservation of the Brazilian Company of Agricultural Research (EMBRAPA) was used, which classifies the sustainability of the land related to water, mechanization and fertility linked to the soil classification verified in the area. In the development of this paper the technology of geographic information systems (GIS) was implemented via digital databases. The area of greatest predominance in relation to agricultural suitability was classified as restricted for different technologic levels, representing 71.67% of the study area. Also verified were areas of regular and limited agricultural potential for natural pasture, 16.35% and 1.35% respectively. It was found that 1.96% of its area was classified as sustainable for crops of different technology levels. Additionally, 8.68% of the area was classified as unfit for agriculture practices, suitable only for preservation of local fauna and flora.

Keywords: Land evaluation, rational use, geoprocessing.

Recebido para publicação em 05/10/2011. Aprovado em 14/03/2013.

1 - Engenheira Agrícola e Ambiental, mestranda em Engenharia Sanitária pela UFRN/ Natal-RN, jurema.araujo@hotmail.com;

2 - Engenheiro Agrícola e Ambiental, mestrando em Engenharia Sanitária pela UFRN/ Natal-RN, herisonalves@yahoo.com.br;

3 - Engenheiro Agrícola e Ambiental, mestrando em Engenharia Sanitária pela UFRN/ Natal-RN, helhimnogueira@hotmail.com;

4 - Engenheiro Agrônomo, professor adjunto da UFERSA/Mossoró-RN, paulo.moura@ufersa.edu.br.

INTRODUÇÃO

O solo caracteriza-se como recurso de grande importância para diversas atividades econômicas, sobretudo para a agricultura. Torna-se necessário a adoção de estratégias de interpretação que permitam seu uso racional (MOURA *et al*., 2007). Surgiram então os sistemas que classificam os solos com relação a sua aptidão agrícola e potencial do uso das terras. Dentre os existentes destaca-se o "Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (SAAT)" (RAMALHO FILHO; BEEK, 1995).

Uma série de pesquisas vem sendo desenvolvidas através do emprego do SAAT, com a intenção de determinar a aptidão agrícola em diferentes regiões do Brasil. Dentre elas estão trabalhos desenvolvidos por Hamada *et al*. (2006), Vasconcelos Gomes *et al*. (2005), Calderano Filho *et al*. (2004), e Silva *et al*. (2010).

Corseuil *et al*. (2009) dizem que a avaliação das terras consiste no processo de estimar a sua aptidão, quando utilizada para fins específicos, envolvendo a execução e interpretação de estudos sobre o solo, vegetação, clima, relevo entre outros aspectos, de modo a identificar e comparar os tipos de uso da terra mais adequados para uma determinada região.

Trata-se, portanto, de um processo interpretativo que considera informações sobre características do meio ambiente, de atributos do solo e da viabilidade de melhoramento das qualidades básicas das terras (PEREIRA *et al*., 2006).

De acordo com Godoy e Lopes-Assad (2002) um sistema de aptidão agrícola das terras para culturas específicas deve quantificar os fatores condicionadores da produção, conforme o nível de manejo a ser adotado, pela seleção de características que permitam identificar os riscos decorrentes das atividades agrícolas.

Nascimento *et al*. (2004) comentam que a avaliação da aptidão das terras é importante e necessária, pois dá suporte a elaboração de zoneamentos e estabelece o uso dos recursos naturais segundo a aptidão, evitando situações de subutilização ou sobreutilização.

Atualmente, novas tecnologias e técnicas, tais como o geoprocessamento, estão sendo amplamente aplicadas com o objetivo de fornecer informações eficientes para a elaboração de mapas de aptidão agrícola das terras, que por sua vez servem de ferramenta para auxiliar na tomada de decisões no que se refere ao planejamento e exploração dos solos de forma compatível com seus distintos usos (CARLOS JÚNIOR, 2009).

Em função das respostas positivas obtidas através do uso de geoprocessamento em estudos ambientais, vários trabalhos vêm sendo conduzidos com o propósito de avaliar a aptidão agrícola das terras, bem como delimitar a partir da confecção de mapas áreas propícias para diferentes atividades agrícolas (CARLOS JÚNIOR, 2009).

As tecnologias de geoprocessamento são instrumentos apropriados para o manuseio, manutenção, gerenciamento e disponibilização de informações com características espaciais. A disponibilização de informações em formato digital possibilita a manipulação e apresentação do conhecimento geográfico humano segundo novas formas, práticas e atrativas, bem como uma redução nos custos dos processos de atualização e substituição. Os produtos gerados a partir da ferramenta de manipulação denominada de Sistema de Informação Geográfica (SIG) podem ser atualizados, editados, impressos e duplicados mais rápidos e facilmente do que aqueles gerados por métodos tradicionais. (SALBEGO *et al*., 2006).

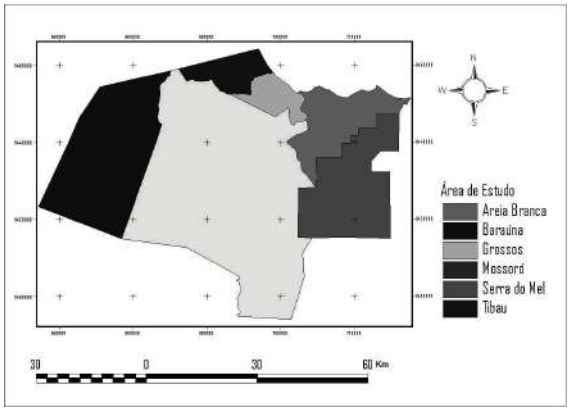
O Geoprocessamento atua nas mais diversas áreas e gera importantes informações sobre o uso atual de solos, zoneamentos, classificações técnicas, planejamento ambiental integrado, monitoramento de impactos ambientais, dentre outros, caracterizando-o como uma excelente ferramenta de apoio e viabilização de projetos, tendo em vista que os dados trabalhados servem de base para o planejamento e gestão do espaço geográfico. (PEREIRA, 2002).

Diversos trabalhos têm utilizado a tecnologia dos SIG's visando o diagnóstico ambiental e a análise das potencialidades existentes em determinada região (LOPES-ASSAD, 1995; ARAÚJO; LOPES-ASSAD, 2001; GODOY; LOPES-ASSAD, 2002).

O objetivo deste trabalho é estudar o potencial agrícola das terras localizadas na Microrregião de Mossoró, que é um forte pólo da fruticultura irrigada do país, permitindo assim que o conhecimento adquirido seja utilizado para que a atividade agrícola na área de estudo seja realizada de forma racional, sustentável e com o maior aproveitamento possível.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho teve como objeto de estudo a área formada pela Microrregião de Mossoró que conta com seis municípios: Areia Branca, Baraúna, Grossos, Mossoró, Serra do Mel e Tibau, que totalizam 427.178 hectares, conforme dados do IBGE 2010, a população total nos seis municípios é de 304.322 mil habitantes (Figura 1).



Fonte: Adaptado pela pesquisadora através de dados da IBGE (2005).

Figura 1. Mapa de localização da microrregião de Mossoró.

A região apresenta clima tipicamente semiárido, o qual provoca uma grande evaporação e concentração de sais na parte superficial do terreno.

A área em estudo apresenta vegetação de três tipos. A caatinga Hiperxerófila é vegetação de caráter mais seco, com abundância de cactáceas e plantas de porte mais baixo e espalhado. Entre outras espécies destacam-se a jurema-preta, mufumbo, faveleiro, marmeleiro, xique-xique e facheiro. A vegetação Carnaubal é vegetação natural onde as espécies predominantes são palmeiras e carnaúbas. Os carnaubais são espaçados e iluminados e a vegetação halófila suporta grande salinidade em decorrência da penetração da água do mar nas regiões baixas marginais dos cursos d'água (IDEMA, 2008).

Geologicamente a região situa-se em área de abrangência da Bacia Potiguar e Grupo Barreiras, onde predominam calcarenitos e calcilutitos bioclásticos, cinza claros a amarelados, com níveis evaporíticos na base, depositados em extensa planície de maré e numa plataforma rasa, da Formação Jandaíra (Bacia Potiguar) de Idade do Cretácea (IDEMA, 2008).

A região de estudo apresenta fundamental importância econômica em nível regional, pois nela estão concentrados 45% da produção de sal marinho do Brasil e o maior campo de exploração petrolífera do país em terra, causando crescente aumento nas tensões ambientais nos municípios que a compõem.

Para a realização da pesquisa foi utilizada a tecnologia dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), a qual possibilitou a geração de todo o material cartográfico, além de relatórios, tabelas e gráficos contendo os dados necessários ao seu desenvolvimento. Com o objetivo do fornecimento de suporte a pesquisa realizada foram utilizados microcomputador e os softwares SIG *Terra View 3.5*, *Corel Draw* e *Microsoft Office* (*Word e Excel)*.

Como base de dados utilizou-se o Mapa Exploratório/Reconhecimento de Solos, escala de 1:300.000, de fonte do MA/EMBRAPA/SUDENE (1979) e o Mapa Político-Administrativo do Estado do Rio Grande do Norte, de fonte do IBGE (2005), ambos em formato digital. Para elaboração de mapas e produtos cartográficos utilizou-se como sistema de unidade cartográfica o Sistema de Coordenadas UTM, SAD 69 ZONA 24.

A avaliação da aptidão agrícola foi feita através da análise de dados dos diferentes níveis de manejo, exigência quanto à aplicação de insumos, possibilidade de mecanização e grupos de aptidão, tendo como base a metodologia proposta pelo Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras, do Serviço Nacional Levantamento e Conservação de Solos/EMBRAPA (RAMALHO FILHO; BEEK, 1995).

A classificação foi realizada de acordo com a metodologia do Levantamento Exploratório/ Reconhecimento de Solos do Estado do Rio Grande do Norte (MA/EMBRAPA/SUDENE, 1971), tendo sido atualizada segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).

Foi realizado o cruzamento das informações disponíveis no mapa de solos fornecido pela EMBRAPA com os dados de classificação das terras em relação à aptidão agrícola, níveis de exigência quanto à aplicação de insumos, como fertilizantes, corretivos e práticas conservacionistas, e quanto às possibilidades de mecanização, extraído do levantamento de aptidão agrícola das terras do

Quadro 1. Simbologia correspondente ás classes de aptidão agrícola

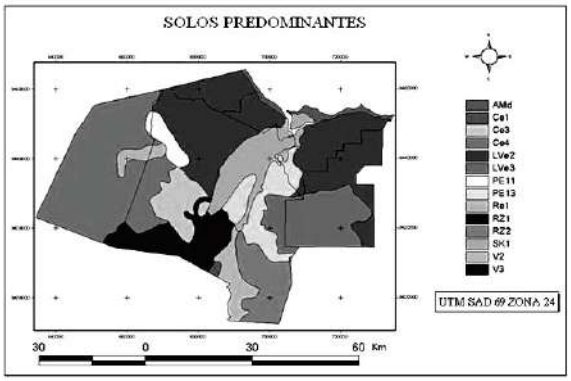
Classes de Aptidão	Lavoura Níveis de manejo			Pastagem plantada	Silvicultura	Pastagem nativa
	A	B	C	Nível B	Nível B	Nível A
Boa	A	B	C	P	S	N
Regular	A	B	C	P	S	N
Restrita	(a)	(b)	(c)	(p)	(s)	(n)
Inapta	-	-	-	-	-	-

Rio Grande do Norte, do Ministério da Agricultura (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 1978), gerando um plano de informação referente aos fatores limitantes para a determinação do mapa de aptidão agrícola, que pode ser observado no Quadro 1 abaixo.

Inicialmente relacionou-se as informações contidas no mapa político-administrativo da microrregião de Mossoró com o seu respectivo mapa de solos, gerando uma carta que contém as classes texturais de solos predominantes na região. Feito isso, cruzou-se também informações referentes aos diferentes níveis de manejo e fatores limitantes, gerando mapas, tabelas e gráficos importantes para a compreensão. Por fim, elaborou-se o mapa de aptidão agrícola das terras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA 2006), a microrregião de Mossoró apresenta quatorze classes de solos, as quais são ARGISSOLOS, CAMBISSOLOS, CHERNOSSOLOS,GLEISSOLOS,LATOSSOLOS, NEOSSOLOS E VERTISSOLOS (Figura 2).



Fonte: Adaptado pela pesquisadora através de dados da EMBRAPA (1971).

Figura 2. Mapa das classes de solos predominantes da microrregião de Mossoró.

Quadro 2. Classes de solos predominantes da microrregião de Mossoró

Tipos de Solos	Classe Atual	Área (ha)	Percentagem (%)
AMd - Areias Quartzosas Marinhas Distróficas	NEOSSOLO	6.729,89	1,59
Ce1- Cambissolo Eutrófico	CAMBISSOLO	1.013,37	0,24
Ce3- Cambissolo Eutrófico	CAMBISSOLO	18.882,21	4,45
Ce4- Cambissolo Eutrófico	CAMBISSOLO	97.397,63	22,95
LVe2- Latossolo Vermelho Amarelo Eutrófico	LATOSSOLO	116.802,75	27,52
LVe3- Latossolo Vermelho Amarelo Eutrófico	LATOSSOLO	42.034,44	9,90
PE11- Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico	ARGISSOLO	8.295,99	1,96
PE13- Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico	ARGISSOLO	28.060,14	6,61
Re1- Solos Litólicos Eutrófico	NEOSSOLO	5.736,02	1,35
RZ1- Rendzina	CHERNOSSOLO	26.435,83	6,23
RZ2- Rendzina	CHERNOSSOLO	25.462,57	6,00
SK1- Solonchak Solonétzico	GLEISSOLO	30.091,49	7,09
V2- Vertissolo	VERTISSOLO	12.708,21	2,99
V3- Vertissolo	VERTISSOLO	4.793,86	1,13
TOTAL		424.444,40	100,00

Fonte: Adaptado pela pesquisadora através de dados da EMBRAPA (1971).

Na microrregião de Mossoró, o solo que apresenta a maior extensão é o Latossolo Vermelho Amarelo Eutrófico, ocupando área de 158.837,19 hectares, equivalendo a 37,42% da região estudada e que segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006) faz parte do grupo dos latossolos. Estendem-se pelos municípios de Tibau, Grossos, Areia Branca, Mossoró e Serra do Mel.

Na região de Serra do Mel, a utilização que se dá para este solo é o cultivo do cajueiro. Isto se deve ao fato do solo apresentar boas características físicas, possuindo estrutura granular, oferecendo possibilidade de se plantar diversas culturas, proporcionando-as um bom desenvolvimento do sistema radicular. Desta forma pode-se ter grande aproveitamento agrícola caso o déficit hídrico deixe de ser fator limitante das produções. Ao se aproximar do litoral, ocorre transição de Latossolo para Neossolo, a vegetação torna-se aparentemente mais seca, fato este que se deve a presença de material ou areia mais grossa.

Em seguida tem-se o Cambissolo Eutrófico que faz parte do grupo dos Cambissolos e apresenta área de 117.293,21 hectares, correspondente a 27,64% da área da Microrregião de Mossoró. Esta classe de solo está presente nos municípios de Baraúna e Mossoró. Tais solos possuem fertilidade natural alta e relevo plano. E da mesma forma que o Latossolo, apresenta limitação de água bastante acentuada, juntamente com eventual presença de pedras na parte superficial ou interna. Em determinadas regiões referentes a este solo há grande aproveitamento agrícola, sobretudo em Baraúna, com o cultivo de diversas culturas como banana, melão, mamão e manga.

Está presente nos municípios de Baraúna, Mossoró e Areia Branca o solo classificado como Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico, que pertence à classe dos Argissolos, abrangendo área de 36.356,13 hectares, equivalente a 8,57% da área da Microrregião de Mossoró. Assim como os solos citados acima, possui boas condições para a produção agrícola, possuindo apenas limitações hídricas. No caso dos locais que possuem argila de alta atividade no horizonte B a limitação de água é atenuada devido à alta capacidade de retenção que os mesmos possuem.

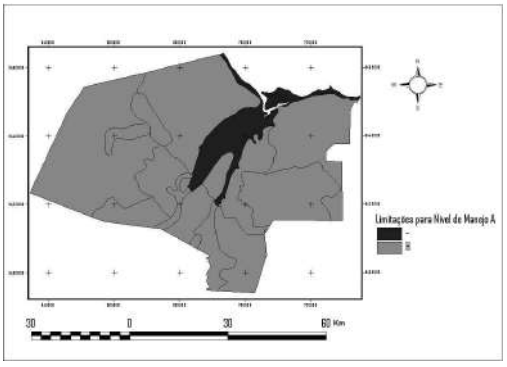
Tem-se também, os solos classificados como Areias Quartzosas Marinhas Distróficas e Solonchak Solonétzico, pertencentes a classe dos Neossolos e Gleissolos, respectivamente. Os primeiros são solos pobres encontrados na microrregião de Mossoró e inviáveis para a prática agrícola, localizadas nos municípios de Tibau, Grossos e Areia Branca. No último caso tem-se um solo bastante encharcado, mal drenado, com a presença de sódio e apresentando alta concentração de argila 1:1. Nestas áreas existe a extração de petróleo. Encontram-se presentes nas áreas de Grossos, Mossoró e Areia Branca. Juntos abrangem ocupam área total de 36.821,38 hectares , ou seja, 8,68% da Microrregião.

Outra classe de solo encontrada foi a Rendzina, com área de 51.898,40 hectares, correspondentes a 12,23% da microrregião e atualmente fazendo parte da classe Chernossolo.

Os Solos Litólicos Eutróficos são praticamente não cultivados devido à baixa profundidade e a limitação de água. Na área em estudo abrangem apenas 5.736,02 hectares, ou seja, 1,35% da área total (Microrregião de Mossoró). Os Vertissolos encontrados no local também correspondem a uma pequena extensão se comparados aos outros tipos de classificação (4,12%), ou seja, 6.002,07 hectares.

Nos níveis de manejo A e B, caracterizados pelas práticas agrícolas de baixo e moderado nível técnico-cultural, respectivamente, a única limitação encontrada foi referente à deficiência hídrica (H), sendo uma limitação primária e abrangendo área de 387.623,02 hectares, 91,32% da totalidade da região, em ambos os casos.

O restante da área é classificada como inapta, correspondendo a extensão de 36.821,38 hectares (8,68% da área da Microrregião). A inaptidão deve-se ao fato de no local está presente o solo da classe Solonchak Solonétzico, que é caracterizado pela alta salinidade, chegando a apresentar crostas superficiais de sal durante período de estiagem, além da presença de Areias Quartzosas Marinhas Distróficas, presentes em todos os municípios litorâneos. Estendem-se pelos municípios de Tibau, Grossos, Areia Branca e Mossoró (Figura 3 e Quadro 3).



Fonte: Adaptado pela pesquisadora através de dados da EMBRAPA (1971).

Figura 3. Mapa das limitações para o nível de manejo A e B da microrregião de Mossoró.

Quadro 3. Limitações para o nível de manejo A e B da microrregião de Mossoró

Limitações para Nível de Manejo A e B	Área (ha)	Percentagem (%)
-	36821.38	8.68
H	387623.02	91.33
TOTAL	424444.40	100.00

Fonte: Adaptado pela pesquisadora através de dados da EMBRAPA (1971).

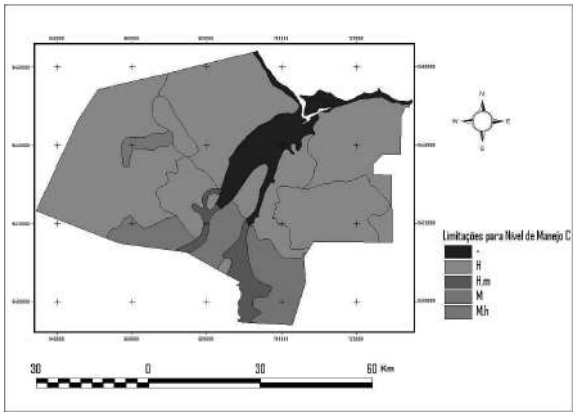
A única limitação existente tem como causas as características climáticas do local, visto que, a área de estudo está inserida em uma região que apresenta baixo índice pluviométrico, com chuvas distribuídas em curto espaço de tempo. Esta situação poderá ser resolvida com a utilização de sistemas de irrigação no manejo agrícola.

A principal limitação para o nível de manejo C permanece sendo representada pela deficiência hídrica, o que corresponde a uma área de 312.486,53 hectares, 73,62% da microrregião. Porém, comparando-se a questão da deficiência hídrica entre os três níveis de manejo observa-se uma redução considerável desta limitação nesta última situação. (Figura 4 e Quadro 4).

Apenas 25.462,57 hectares, ou seja, 6,00% da microrregião de Mossoró tem limitação primária referente à mecanização. Essa limitação está inserida na área que corresponde ao solo do tipo Rendzina, e deve-se provavelmente ao fato desse solo possuir uma pequena porção intermediária com solos da classe Litólicos Eutróficos (proporção de 15%) na fase rochosa, além de baixa profundidade.

Observou-se uma extensão de 32.171,85 hectares, correspondentes a 7,58% da área em estudo, com limitação primária para a mecanização e secundária para a deficiência hídrica. Estas áreas correspondem a solos da classe Litólicos Eutróficos e Rendzina, respectivamente. Ambos os casos possuem fases rochosas nas suas associações com outros solos, e no primeiro caso há o afloramento de rocha na proporção de 35%.

A área em estudo apresentou uma extensão de 17.502,07 hectares (4,12%), com limitação primária a deficiência hídrica e secundária a mecanização, que corresponde aos Vertissolos.



Fonte: Adaptado pela pesquisadora através de dados da EMBRAPA (1971).

Figura 4. Mapa das limitações para o nível de manejo C da microrregião de Mossoró.

Este fato faz com que seja possível a utilização de máquinas agrícolas no manejo do solo na maior parte da microrregião, participando de processos como escarificação e gradagem, em grande parte da região. Sendo características de práticas altamente tecnológicas e que são intrínsecas ao nível de manejo C.

Em relação a classificação das terras em exigência de fertilizantes e corretivos, a microrregião de Mossoró apresentou três unidades de mapeamento. Classificadas como exigência baixa e média, *F1, F2,* respectivamente, junto com a região que não possui aptidão para a prática agrícola.

Quadro 4. Limitações para o nível de manejo C da microrregião de Mossoró

Limitações para Nível de Manejo C	Área (ha)	Percentagem (%)
-	36821.38	8.68
H	312486.53	73.62
H,M	17502.07	4.12
M	25462.57	6.00
M,H	32171.85	7.58
TOTAL	424444.40	100.00

Fonte: Adaptado pela pesquisadora através de dados da EMBRAPA (1971).

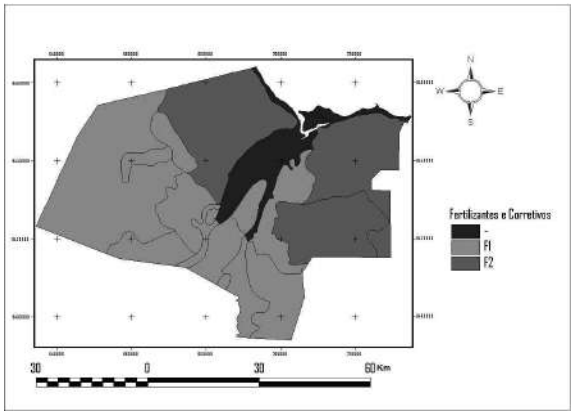
Quadro 5. Exigências em fertilizantes e corretivos das terras da microrregião de Mossoró

Fertilizantes e Corretivos	Área (ha)	Percentagem (%)
-	36821.38	8.68
F1	228785.83	53.90
F2	158837.19	37.42
TOTAL	424444.40	100.00

Fonte: Adaptado pela pesquisadora através de dados da EMBRAPA (1971).

A maior área mapeada refere-se ao nível de exigência baixo de fertilizantes e corretivos *F1* com área de 228.785,83 hectares que corresponde a 53,90% da região estudada (Figura 5 e Quadro 5). Esta área estende-se pelos municípios de Mossoró e Baraúna. Dentre os fatores que contribuíram para esta classificação está a presença do Cambissolo, sobretudo na região de Baraúna, onde há grande produtividade agrícola. Esses tipos de solos por serem pouco evoluídos, apresentam altos teores de minerais primários, que se imtemperizam e se tornam fontes de nutrientes para as plantas.

A área total correspondente a exigência média de fertilizantes e corretivos abrange uma extensão de 158.837,19 ha, 37,42% do total da área estudada. Presente em todos os municípios, com exceção de Baraúna, corresponde ao Latossolo.



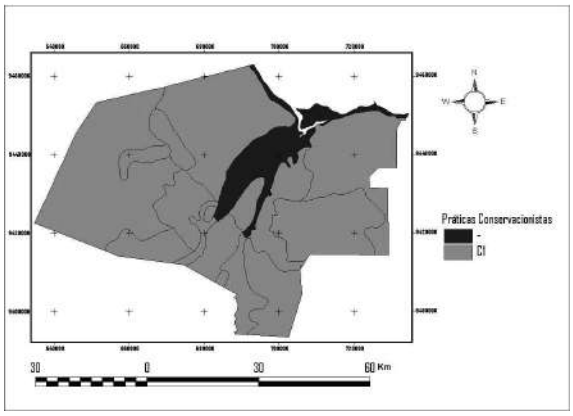
Fonte: Adaptado pela pesquisadora através de dados da EMBRAPA (1971).

Figura 5. Mapa das exigências em fertilizantes e corretivos das terras da microrregião de Mossoró.

As práticas conservacionistas consistem no emprego de técnicas que evitam os processos erosivos no solo. As características do solo presente em determinada área influenciam diretamente a definição da prática conservacionista a ser utilizada, que dependendo do manejo reduzirá a erosão em diferentes níveis. As principais características do solo que influenciam esta tomada de decisão são: estrutura, granulometria e profundidade, que juntamente com as características do meio ambiente em que estão inseridos, tal como declividade, potencializam ou reduzem a ocorrência dos processos erosivos.

Na região em estudo foram detectadas apenas duas unidades de mapeamento quanto à classificação das exigências em práticas conservacionistas. A região de menor extensão refere-se à área inapta a prática agrícola, ao passo que, a de a maior extensão à baixa exigência de práticas conservacionistas, *C1*. Esta apresenta área de 387.623,02 hectares, abrangendo 91,32% da área total (Figura 6 e Quadro 6).

Os municípios de Baraúna e Serra do Mel apresentaram a sua totalidade classificada com a unidade de mapeamento acima.



Fonte: Adaptado pela pesquisadora através de dados da EMBRAPA (1971).

Figura 6. Mapa das exigências em práticas conservacionistas das terras da microrregião de Mossoró.

Quanto à classificação em relação aos níveis de possibilidade de mecanização, a microrregião de Mossoró apresentou quatro unidades de mapeamento, mais a região inapta a agricultura. A primeira representada pela alta capacidade de mecanização *(M1)* apresentou área de 284.426,39 hectares, possuindo então a maior extensão em relação às outras classes, 67,00% da Micorregião de Mossoró, e estando presente em todos os municípios (Figura 7 e Quadro 7).

A unidade de mapeamento classificada como média possibilidade de mecanização (*M2)* apresentou uma área equivalente a 45.562,21 hectares, 10,74% da área de estudo, caracterizando os municípios de Mossoró e Areia Branca. Os solos encontrados nessa área são pertencentes a classe dos Vertissolos e o Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico e sua relação com a capacidade quanto à mecanização pode ser explicada devido a pequenas porções caracterizadas com o relevo suave ondulado.

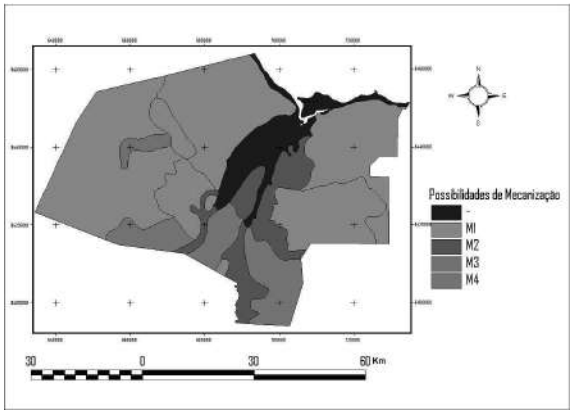
Já a terceira unidade, *M3*, que caracteriza região com baixa possibilidade de mecanização possui uma extensão de 5.736,02 hectares correspondendo à menor unidade de mapeamento com apenas 1,35% da área total, porém abrange todos os municípios da microrregião. O solo presente faz parte da classe Litólico Eutrófico, que possui fase rochosa e uma porção que contém afloramento de rocha.

Por fim, temos a unidade *M4*, que indica regiões com possibilidades de mecanização muito baixas, localizadas nos solos da classe Rendzinas. Essa classificação ocupa o segundo lugar em extensão, abrangendo uma área de 51.898,40 hectares, que corresponde a 12,23% da microrregião de Mossoró. Foram observadas nessa mesma área limitações primárias para a mecanização no nível de manejo C, devido a presença de fase rochosa.

Quadro 6. Exigências em práticas conservacionistas das terras da microrregião de Mossoró

Práticas Conservacionistas	Área (ha)	Percentual (%)
-	36821.38	8.68
C1	387623.02	91.33
TOTAL	424444.40	100.00

Fonte: Adaptado pela pesquisadora através de dados da EMBRAPA (1971).



Fonte: Adaptado pela pesquisadora através de dados da EMBRAPA (1971).

Figura 7. Mapa da possibilidade de mecanização das terras da microrregião de Mossoró.

De acordo com o sistema de avaliação de aptidão agrícola considerado, as terras da microrregião de Mossoró apresentaram cinco unidades de mapeamento de aptidão. A classificação de tais unidades com suas respectivas áreas e características se apresentou da seguinte forma (Figura 8 e Quadro 8):

2abc* - Terras pertencentes à classe de aptidão agrícola regular para lavouras nos níveis de manejo *A*, *B* e *C*, aptas para culturas de ciclo curto. A área ocupada por essas terras é de 8.295,99 hectares (1,96% da área da microrregião), se estendendo por dois municípios, Baraúna e Mossoró.

3(abc)* - Terras pertencentes à classe de aptidão agrícola restrita nos níveis de manejo *A*, *B* e *C*, aptas para culturas de ciclo longo. A área ocupada por essas terras é de 304.190,54 hectares (71,67% da área da microrregião), é a que apresenta maior área ocupada, se estendendo pelos seis municípios (Baraúna, Mossoró, Tibau, Grossos, Areia Branca e Serra do Mel).

5n - Terras pertencentes á classe de aptidão agrícola regular para pastagem natural e à classe inapta para silvicultura, sem restrição quanto ao ciclo das culturas. Sua área de ocupação é de 69.400,46 hectares (16,35% da área da microrregião), distribuída por dois municípios (Baraúna e Mossoró).

5(n) - Terras pertencentes à classe de aptidão restrita para pastagem natural, no nível de manejo *A*, e inapta para silvicultura. Essas terras apresentam uma área de 5.736,02 hectares (1,35% da área da microrregião), situada nos municípios de Baraúna e Mossoró.

6 - Terras sem aptidão para uso agrícola, restando apenas preservar a flora e a fauna estabelecida no local. Essas terras estão distribuídas nos três municípios litorâneos (Tibau, Grossos e Areia Branca) e no município de Mossoró, ocupando um total 36.821,38 hectares (8,68% da área da microrregião).

Quadro 7. Possibilidade de mecanização das terras da microrregião de Mossoró

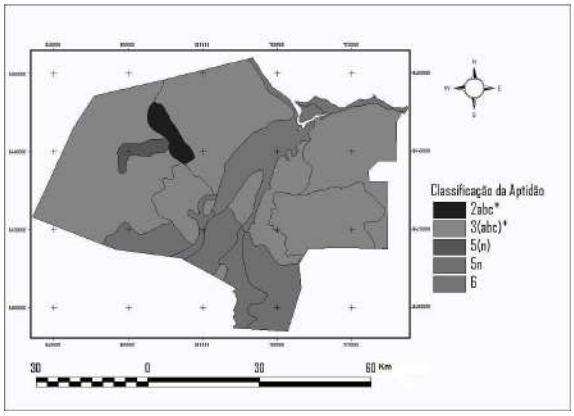
Possibilidade de Mecanização	Área (ha)	Percentagem (%)
-	36821.38	8.68
M1	284426.39	67.01
M2	45562.21	10.74
M3	5736.02	1.35
M4	51898.40	12.23
TOTAL	424444.40	100.00

Fonte: Adaptado pela pesquisadora através de dados da MBRAPA (1971).

Quadro 8. Classificação da aptidão agrícola das terras da microrregião de Mossoró

Possibilidade de Mecanização	Área (ha)	Percentagem (%)
2abc*	8295.99	1.96
3(abc)*	304190.54	71,67
5(n)	5736.02	1.35
5n	69400.46	16.35
6	36821.38	8.68
TOTAL	424444.40	100.00

Fonte: Adaptado pela pesquisadora através de dados da EMBRAPA (1971).



Fonte: Adaptado pela pesquisadora através de dados da EMBRAPA (1971).

Figura 8. Mapa das classes de aptidão agrícola das terras da microrregião de Mossoró.

Os resultados obtidos estão destacados na tabela abaixo (Quadro 8), onde existe a predominância da área classificada como pertencente à classe de aptidão agrícola restrita nos níveis de manejo *A*, *B* e *C*, aptas para culturas de ciclo longo, correspondendo a 71,67% da área da microrregião.

CONCLUSÕES

- Conclui-se que a microrregião de Mossoró possui boas condições para a produção agrícola no local, pois os solos caracterizam-se por apresentarem bom grau de fertilidade, baixa exigência em práticas conservacionistas, e a maior parte é classificada com alta possibilidade de mecanização. A principal limitação das terras é referente à deficiência hídrica, em todos os diferentes níveis de manejo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, A.G. ; LOPES ASSAD, M.L. Zoneamento de risco climático por cultura a partir de levantamento de solos de baixa intensidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.1, p.103-111, 2001

CALDERANO FILHO, B.; SANTOS, H.G.; RAMALHO FILHO, A. ; CLAES SEN, M.E.C. ; CARVALHO JUNIOR, W. ; CHAGAS, C.S.; CALDERANO, S.B.; LUZ, L.D.; MOTCHI, E.P. & WITTERN, K.P. Avaliação da aptidão agrícola das terras da microbacia do Córrego da Tábua, no município de São Fidélis, RJ. Rio de Janeiro: Embrapa Solos Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 47, 2004. 43p.

CARLOS JÚNIOR, A.A. **Uso de geotecnologias na avaliação da aptidão agrícola das terras da microrregião de Umarizal**. 2009. 61f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN.

CORSEUIL, C.W.; CAMPOS, S.; RIBEIRO, F.L.; PISSARRA, T.C.T.; RODRIGUES, F.M. Geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicado na determinação da aptidão agrícola de uma microbacia. **Revista Irriga**, Botucatu, v.14, n.1, p.12-22, 2009.

EMBRAPA. **Mapa de Solos do Levantamento Exploratório:** reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Norte. Escala 1:1.000.000, 1971.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

GODOY, M.J.S.; LOPES-ASSAD, M.L. Aptidão agrícola de terras com estimativa de risco climático para a cultura do milho utilizando geoprocessamento**. Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.4, p.685-694, 2002.

HAMADA, E.; LOPES ASSAD, M.L. & PEREIRA, D.A. Aptidão agrícola na área de recarga do Aquífero Guarani: Caso da microbacia hidrográfica do Córrego do Espraiado, Ribeirão Preto, SP. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, Espírito Santo do Pinhal, v.3, n.1, p.62-71, 2006.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010.** Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/download/estatistica.shtm Acesso em 13 ago. 2011.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa Político-Administrativo do Estado do Rio Grande do Norte**. 2005.

IDEMA, Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente. **Anuário Estatístico 2008.** Disponível em: http://www.idema.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/idema/socio_economicos/arquivos/Anuario-CDROM%202010/index.htm Acesso em: 11 ago. 2011.

LOPES ASSAD, M.L. Uso de um sistema de informações geográficas na determinação da aptidão agrícola das terras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.19, n.1, p.133-139, 1995.

MOURA, L. do C.; MARQUES, A.F.S. e M.; HADAD, R.M.; ANDRADE, H.;ALVES, H.M.R. - A aptidão agrícola das terras do município de Machado/MG e a cafeicultura. **Caderno de Geografia,** Belo Horizonte, v.17, n.28, p.141-162, 2007.

NASCIMENTO, P. C.; GIASSON, E.; INDA, Jr. A. V. Aptidão de uso dos solos e meio ambiente. In: **Fórum Solos e Meio Ambiente.** 2004, Santa Maria. **Anais...,** Santa Maria: 2004. p. 41-57.

PEREIRA, L. C.; SILVEIRA, M. A.; LOMBARDI NETO, F. Agroecologia e aptidão agrícola das terras: as bases científicas para uma agricultura sustentável. **Revista Brasileira de Agroecologia,** Jaguariúna, v. 1, n. 1, p. 823-826, 2006.

PEREIRA, L. C. **Aptidão agrícola das terras e sensibilidade ambiental: proposta metodológica**. 2002. 122 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002. Disponível em: http://libdigi.unicamp.br/document Acesso em: 14 ago. 2011.

RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, E. G.; BEEK, K. J. **Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras.** 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1983.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras.** 3.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995. 65p.

SALBEGO, A. G.; GIOTTO, E.; MADRUGA, P. R. Geoprocessamento Aplicado ao Diagnóstico e Espacialização da Infra-estrutura Viária Rural. Guarapuava-PR: **Revista do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais,** Chapadinha, v. 2, n. 2, 2006. Disponível: http://www.unicentro.br/editora/revistas/ambiencia/v2n2/6-%20179-195.pdf Acesso em: 20 ago. 2011.

SILVA, E. B.; NOGUEIA, R. E.; UBERTI, A. A. A. Avaliação da aptidão agrícola das terras como subsídio ao assentamento de famílias rurais, utilizando Sistemas de Informações Geográficas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 1977-1990, 2010.

VASCONCELOS GOMES, J. B.; LUMBRERAS, J.F.; OLIVEIRA, R. P.; BHERING, S. B.; ZARONI, M. J.; ANDRADE, A.G. & CALDERANO, S.B. Aptidão para reflorestamento das Sub-bacias dos Canais do Mangue e do Cunha, município do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Viçosa, v. 29, n. 3, p. 459-466, 2005.

V. 7, n. 1, p. 101- 08, jan - mar, 2013.

ISSN 2317-3122

Editora do GVAA – Grupo Verde de Agroecologia e Abelhas – Pombal – PB www.gvaa.org.br

Revista RBGA: http:// www.gvaa.org.br /revista/ index. php/RBGA

Autores

Gabriella Cynara Minora da Silva [1*]

Paulo César Moura da Silva [2]

Wendson Dantas de Araújo Medeiros[3]

*Autor para correspondência
Recebido para publicação em 10/10/2012. Aprovado em 22/03/2013.

[1]Bacharel em Gestão Ambiental pela UERN, Mossoró-RN.E-mail: gabriella_cynara@yahoo.com.br

[2] Prof. D. Sc. Adjunto, UFERSA, Departamento Ciências Ambientais,Mossoró-RN E-mail: paulo.moura@ufersa.edu.br

[3]Ms.c em Geociências, Prof. Assistente do Departamento de Gestão Ambiental da UERN, Mossoró-RN.E-mail: wendosonmedeiros@uern.br

REVISTA BRASILEIRA DE GESTÃO AMBIENTAL
GVAA – GRUPO VERDE DE AGROECOLOGIA E ABELHAS– POMBAL – PB

Nota Técnica Científica

Determinação de zonas ambientalmente degradadas na messoregião de Mossoró usando geotecnologia

RESUMO

A Messoregião de Mossoró é considerada uma das mais importantes do Rio Grande do Norte em virtude do destaque econômico nas atividades salineira e petrolífera. Assim o objetivo deste trabalho foi realizar um zoneamento ambiental semi-detalhado da Messoregião de Mossoró, de modo que servisse de aporte para futuras ações de recuperação nesta região. Para isso, utilizou-se metodologia adaptada de (ROCHA, 1997) e (KURTZ, 2001). Em que foi determinada a equação de deterioração ambiental baseada em atributos quantificados no ambiente, no processo de mapeamento foram utilizadas cartas de drenagem, vegetação, relevo, atividades antrópicas, chuvas, vias e núcleos urbanos, todos os mapas usados estavam em UTM/SAD69 Zona 24, assim como os mapas resultantes. Para a determinação de áreas deterioradas utilizou-se a modelagem numérica dentro de um sistema de informações geográficas alimentado com os parâmetros da referida equação. Os resultados apontaram que as áreas com maior índice de deterioração se localizam próximas as salinas, poços de petróleo e centros urbanos. Calculou-se que as áreas de alta deterioração ambiental apresentaram 28,10%, as de baixa deterioração 14,69% e as áreas de média deterioração concentraram 57,21%, isso implica dizer que as áreas com alta e média deterioração ambiental ocuparam a maioria do território estudado, totalizando aproximadamente 85%. Isso mostra a necessidade de um estudo mais aprofundado, seguido de ações de recuperação desses ecossistemas, uma vez que um recurso natural importantíssimo está sendo progressivamente degradado – o rio Apodi-Mossoró. Dessa forma constatou-se que a metodologia utilizada neste estudo mostrou-se bastante satisfatória dentro dos parâmetros estabelecidos.

Palavras-Chaves: Deterioração Ambiental; Sistema de Informação Geográfica e Zoneamento Ambiental.

Determining areas environmentally degraded in messoregião Mossoró using geotechnology

ABSTRACT

The Messoregião Mossoró is considered one of the most important of Rio Grande do Norte under Featured economic activities Salineira and oil. Thus the aim of this study was to conduct a semi-detailed environmental zoning of Messoregião Mossoró, so serve as input for

future recovery actions in this region. For this, we used the methodology adapted from (ROCK, 1997) and (KURTZ, 2001). It was determined the equation of environmental deterioration quantified based on attributes in the environment, in the process of mapping were used letters drainage, vegetation, topography, human activities, rains, roads and urban centers, all maps were used in UTM/SAD69 Zone 24, and the resulting maps. For the determination of damaged areas used the numerical modeling within a geographic information system fed with parameters of said equation. The results showed that areas with the highest rate of deterioration are located near the salt, oil wells and urban centers. It was calculated that the areas of high environmental deterioration showed 28.10% to 14.69% of low deterioration and deterioration average areas of concentrated 57.21%, this implies that the areas with high and medium environmental deterioration occupied Most of the study area, totaling approximately 85%. This shows the need for further study, followed by recovery actions of these ecosystems, since an important natural resource is being progressively degraded - the river Apodi-Mossoró. Thus it was found that the methodology used in this study proved to be very satisfactory within established parameters. a)

Key Words: Environmental Deterioration; Geographic Information System and Environmental Zoning.

INTRODUÇÃO

b)

A Messoregião de Mossoró se caracteriza pelas ótimas condições climáticas para o desenvolvimento da atividade salineira. Em virtude da falta de um planejamento ambiental adequado, esta atividade foi implantada em sua maioria às margens da foz do rio Apodi-Mossoró, o que resultou no desmatamento da mata ciliar original assim como áreas de manguezais. De acordo com o Código Florestal em seu artigo 2°, Lei n° 7.803, de 1993, os manguezais são áreas protegidas por lei e se enquadram como Áreas de Proteção Permanente, ou seja, locais onde devem ser mantidas todas as florestas e demais formas de vegetação natural. Os desmatamentos dessas áreas causaram sérios danos ambientais como a erosão e o assoreamento do leito do rio, além de deixar os ecossistemas fragmentados provocando a perda da biodiversidade. Esta atividade também afeta o curso d'água com a deposição das águas-mães altamente salinas, causando a inviabilização de práticas agrícolas adequadas no solo afetado.

c)

Segundo (SOUZA CRUZ, 1998 apud ROCHA et al., 2006), a água é um recurso valioso indispensável, portanto deve-se ter o máximo de cuidado com a sua conservação. A estratégia mais adequada para a conservação dos recursos hídricos é a manutenção de florestas nos topos dos montes, encostas e a utilização de todas as práticas que evitem o escoamento superficial e aumente a infiltração no solo. Para complementar, deve-se manter a floresta nas margens dos cursos de água, pois desta forma preservam-se os seus limites, evita-se o assoreamento e minimizam-se os riscos de contaminação, além de contribuir para a manutenção da fauna silvestre.

A atividade petrolífera também é bastante acentuada na região, apresentando uma exploração representativa na bacia potiguar. A mesma tem causado o aumento do desmatamento das sub-bacias hidrográficas e os riscos de poluição, provocando inúmeros transtornos ambientais.

Atualmente é inconcebível pensar no desenvolvimento de uma atividade potencialmente impactante sem condicioná-lo a um planejamento ambiental, de modo que haja uma compatibilização entre o manejo adequado dos recursos naturais e o desenvolvimento da referida atividade.

De acordo com (ROCHA apud EMA, 1986) o zoneamento ambiental constitui um instrumento indispensável para conciliar os imperativos do desenvolvimento econômico com a necessidade de se proteger o meio ambiente.

Já Millano (1993) afirma que o uso do zoneamento ambiental apresenta as seguintes vantagens:

Permite que se determine limite de possíveis irreversibilidades, devido a conflitos ambientais e pontos de fragilidade biológica, antes que se tomem decisões sobre o uso de cada área, que de outra forma poderiam causar danos irreversíveis; tendo portanto, caráter preventivo;

Permite a identificação de atividades antrópicas para cada setor da unidade ambiental e seu respectivo manejo, possibilitando a descentralização de comando e decisão;

Pelo fato da metodologia do zoneamento ambiental ser flexível, permite que se adapte a definição e manejo de uma zona, conforme necessidade.

Segundo (EGLER et al., apud SILVEIRA et al., 2008) o zoneamento caracteriza-se como instrumento ativo para o desenvolvimento sustentável, e não apenas instrumento corretivo e restritivo, como freqüentemente se pensa. Embora pautado na identificação de zonas "homogêneas", na verdade busca tirar partido da diversidade territorial, promovendo a compatibilidade sistêmica entre as zonas.

Fica clara a importância do zoneamento ambiental como forma de identificar as potencialidades e fragilidades da área zoneada para ajudar na decisão de quais as melhores atividades a serem desenvolvidas em um determinado local, de modo que não prejudique o meio natural.

A lei federal brasileira n. 6.938, de 31/08/1981 da Política Nacional de Meio Ambiente define a degradação da qualidade ambiental como sendo uma alteração adversa das características do meio ambiente (PHILIPPI JÚNIOR e SILVEIRA, 2004).

De acordo com (SILVA et al. apud MELLO FILHO, 1999) coloca que, a deterioração da terra como sendo o resultado de ações antrópicas, pode ser definida como toda e qualquer mudança permanente ou irreversível

na estrutura e funções dos recursos naturais da terra ou sua perda. Mudanças que são causadas por alterações de natureza física, química e biológica ou tensões antrópicas induzidas por seres humanos que excedem a capacidade de uso destes recursos naturais.

Já (WILLIANS et al., 1992 apud RONDINO, 2005) considera que a degradação ambiental de uma área acontece quando a vegetação nativa e a fauna forem destruídas, removidas ou expulsas; a camada fértil do solo for perdida, removida ou enterrada; e a qualidade e regime de vazão do sistema hídrico forem alterados. Em seguida, estabelece que a degradação ambiental acontece quando há perda de adaptação as características físicas, químicas e biológicas do solo e é inviabilizado seu desenvolvimento socioeconômico.

Após essa discussão a respeito da conceituação da degradação ambiental, fica claro que a mesma está relacionada com as alterações ambientais negativas decorrentes de ações antrópicas.

Com relação à utilização e conceituação de um Sistema de Informações geográficas (*SIG*), verificou-se que este foi imprescindível para a realização deste estudo. De acordo com (LORINI et al., 1996), os *SIG's*:

"Incorporam a dimensão espacial dos fenômenos em estudo de forma consistente e definitiva; Trabalham a natureza complexa e multidisciplinar das variáveis facilitando a análise integradora; aperfeiçoam o tempo e forma de obtenção de informações analíticas e sintéticas tornando mais robusto o apoio às decisões; geram informações simultaneamente precisas e de fácil compreensão melhorando a cooperação institucional e privada."

Segundo (ORTIZ, 1993 apud SILVEIRA et al., 2008) O termo geoprocessamento surgiu com a introdução dos conceitos de manipulação de dados espaciais georreferenciados dentro de sistemas computadorizados, através das ferramentas denominadas, Sistemas de Informações Geográficas – SIG's,

Um SIG é constituído por um conjunto de "ferramentas" especializadas em adquirir, armazenar, recuperar, transformar e emitir informações espaciais. Esses dados geográficos descrevem objetos do mundo real em termos de posicionamento, com relação a um sistema de coordenadas, seus atributos não aparentes (como a cor, pH, custo, incidência de pragas, etc.) e das relações topológicas existentes.

A principal característica de um *SIG* é enfatizar operações analíticas. Segundo (GOODCHILD, 1987 apud MAGUIRE, 1991), a habilidade de um *SIG* para analisar dados espaciais é vista como elemento chave em sua definição e tem sido utilizado como uma característica que distingue o *SIG* de sistemas cujo objetivo primário é a produção de mapas. Em termos funcionais, (COWEN, 1988) afirma ainda, que as consultas espaciais e *overlays* são operações únicas do *SIG*. A análise espacial é definida por (GOODCHILD, 1987 apud MAGUIRE, 1991) como um conjunto de métodos analíticos que requerem acesso aos atributos dos objetos em estudo e sua informação localizacional.

Os parâmetros ambientais avaliados foram: drenagem, relevo, cobertura vegetal, atividades antrópicas, índice pluviométrico, núcleo urbano e vias.

Os valores resultantes foram aplicados em um sistema de equação linear de regressão proposto por (KURTZS, 2001).

Em virtude do que foi exposto, este trabalho tem como objetivo geral a elaboração de um zoneamento ambiental semi-detalhado da Mesoregião de Mossoró, uma das mais importantes do Rio Grande do Norte. Para isso utilizou-se técnicas desenvolvidas por (ROCHA, 1997) e estudou-se 7 parâmetros ambientais.

MATERIAIS E METODOS

Este trabalho teve como área de estudo a Mesoregião de Mossoró que conta com seis municípios, sendo eles: Areia Branca, Baraúnas, Grossos, Mossoró, Serra do Mel e Tibau. Ocupa uma área total de 427.178 ha. Conforme o IBGE 2007, a população total é de 304.322 mil habitantes. De acordo com (SILVA et al., 2008) a Meso Região de Mossoró é uma das quatro mais importantes do Estado do Rio Grande do Norte, sendo formada por 62 municípios agrupados em sete microrregiões. A região de estudo apresenta fundamental importância econômica a nível regional, pois nela estão concentrados 45% da produção de sal marinho do Brasil e o maior campo de exploração petrolífera do país, causando um crescente aumento nas tensões ambientais nos municípios que a compõem.

O método aplicado neste estudo contou com a utilização de um *SIG* como ferramenta de análise espacial, para demarcar os pontos. Usou-se como base as cartas digitalizadas da SEMARH-RN (2003) baseadas nas cartas da SUDENE de 1:100.000 convertidas de córrego alegre para UTM-SAD 69 Zona 24, foram feitas ainda correções nestas cartas através de deslocamento em campo usando GPS de navegação.

A metodologia foi proposta por (ROCHA, 1997) e adaptada por (KURTZ, 2001). Após a seleção dos parâmetros ambientais, determinaram-se os valores máximos e mínimos para cada parâmetro, como exposto na tabela a seguir:

Tabela 1. Parâmetros e valores ambientais utilizados no estudo da deterioração ambiental.

Parâmetro	**Valor**
Drenagem	1→5
Relevo	1→5
Cobertura Vegetal	1→5
Atividades Antrópicas	4→7
Índice Pluviométrico	1→4
Núcleo Urbano	1→5
Vias	1→4
Total	∑mínimo=10 ∑máximo=35

A partir dos dados expostos na Tabela 1, dar-se-á que:
A deterioração ambiental varia de 0 a 100% (valores de "y", na equação da reta).
Para os valores mínimos (∑mín.=10)
Tem-se:
Quando **x = 10 → y = 0%**; então → **ax + b = 0 → 10a + b = 0**
Para os valores máximos (∑ máx. = 35)
Tem-se:
Quando **x = 35 → y = 100%**; então → **ax + b = 100 → 35a + b = 100**
O sistema de equação calculado foi:

$$10a + b = 0 \quad (-1)$$
$$35a + b = 100$$

$$-10a - b = 0$$
$$35a + b = 100$$
$$25a = 100$$
$$a = \frac{100}{25}$$
$$a = 4$$

$$10.4 + b = 0$$
$$40 + b = 0$$
$$b = -40$$

Sendo a = 4 e b = -40

Equação da deterioração ambiental para condições apresentadas neste estudo.

$$Y = 4X - 40 \quad (1)$$

Através desta equação, calculou-se o valor de "y" em função de cada indiciador total "x" o valor calculado de "y", definindo-se as classes ambientais a partir da modelagem digital da área de deterioração ambiental, realizada com o modulo de interpolação de dados existente no *SIG*. O número de classes estipulado foram três de 0 % a 20 %, 20 % a 40 % e de 40 % a 60 %, correspondendo respectivamente, a baixa, média e alta deterioração ambiental. O valor de "y" significa unidade crítica de deterioração e "x" o valor do indicador total encontrado no local especificado (KURTZS, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÕES.

A Figura a seguir mostra os pontos avaliados para análise da deterioração ambiental.

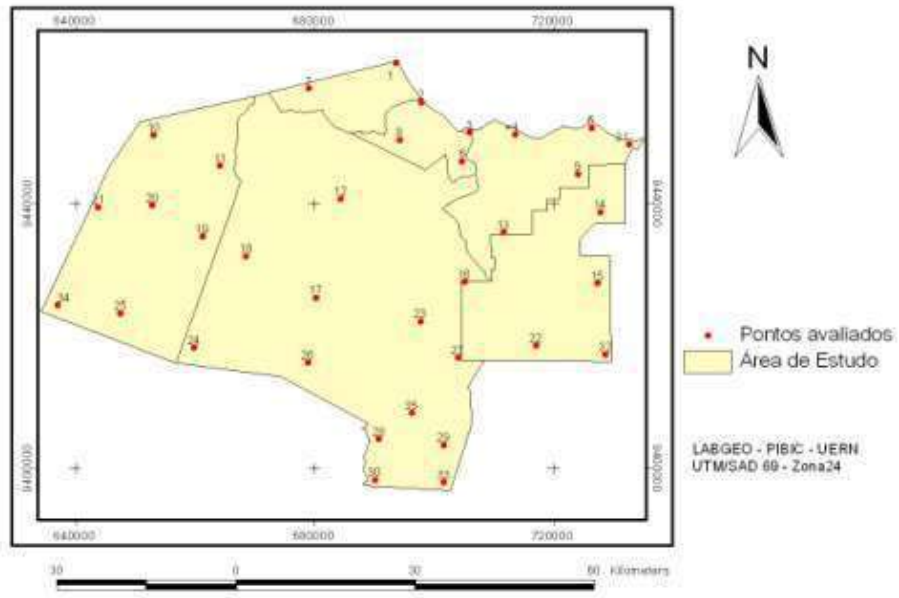


Figura 1. Mapa dos pontos avaliados neste estudo distribuídos na área de estudo.

Os pontos foram distribuídos de forma a cobrir uniformemente todo o espaço de estudo, a fim de facilitar o processo de modelagem. Para isso os mesmos foram numerados de 1 a 35, sendo que cada ponto apresenta-se dentro dos limites políticos de cada município da região estudada.

A próxima Figura identifica as classes da deterioração ambiental dentro da área de estudo.

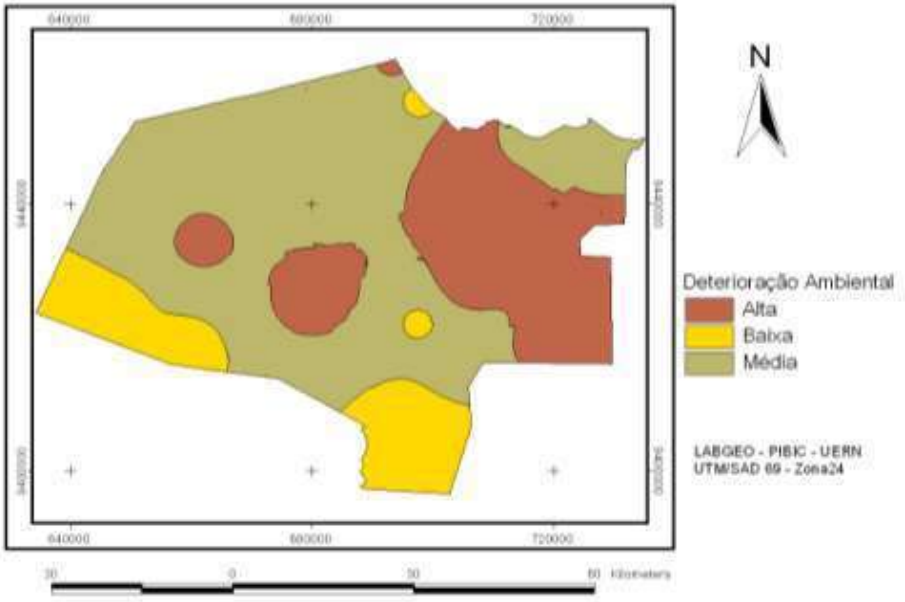


Figura 2. Mapa das Classes de Deterioração Ambiental.

O mapa da deterioração ambiental mostra que as áreas de maior incidência de degradação estão próximas as salinas, poços de exploração de petróleo assim como centros urbanos, locais que se caracterizam pela extrema vulnerabilidade ambiental.

A Figura seguinte mostra as áreas utilizadas para a instalação de salinas e poços de petróleo dentro da área de estudo.

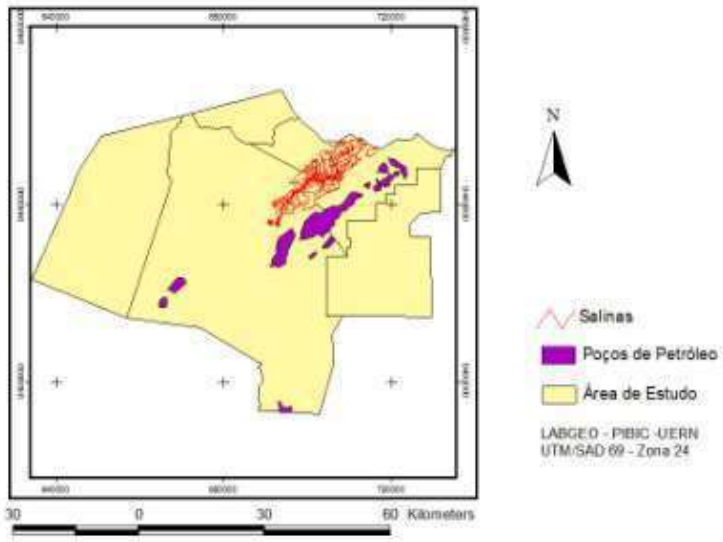


Figura 3. Mapa das áreas utilizadas por salinas e poços de petróleo.

A partir da análise da figura 3 é possível verificar que as áreas de maior deterioração são exatamente as mesmas onde se encontram instaladas salinas e poços de petróleo, confirmando os resultados obtidos nesta pesquisa.

A atividade salineira desenvolve um papel altamente degradador do meio ambiente, uma vez que foi instalada praticamente em todas às margens da foz do rio Apodi-Mossoró, provocando uma série de tensões e danos ambientais como o desmatamento do ecossistema manguezal e sua conseqüente fragmentação, o desmatamento da mata ciliar, salinização de rios, aqüíferos e de solos e assoreamento do rio Apodi-Mossoró.

Em virtude da falta de saneamento básico adequado, algumas cidades acabam por depositar seus esgotos domésticos não tratados no rio, contribuindo para sua poluição e inviabilização para fins pesqueiros e de extração de crustáceos.

A atividade petrolífera tende a aumentar os riscos de poluição por petróleo e seus derivados nas sub-bacias hidrográficas da região, acelerando o processo de desmatamento, pois para cada poço perfurado há uma área completamente desmatada. Essa área sem vegetação varia de 0,5 a 1 ha para cada poço de petróleo instalado na região. Onde se verifica, por meio de imagens de satélite, mais de três mil poços perfurados ou em processo de perfuração.

Observa-se também que um dos pontos de alta deterioração encontra-se exatamente no centro da maior aglomeração urbana da região – o município de Mossoró, isso implica dizer que o modelo utilizado respondeu adequadamente ao estudo proposto.

Verifica-se que na região de Serra do Mel há uma somatória de deteriorações, a monocultura do caju associada ao petróleo, o que contribuiu para que, apesar de apresentar uma área urbana reduzida, resultasse numa deterioração ambiental alta.

A Figura seguinte apresenta a percentagem da deterioração ambiental na área estudada.

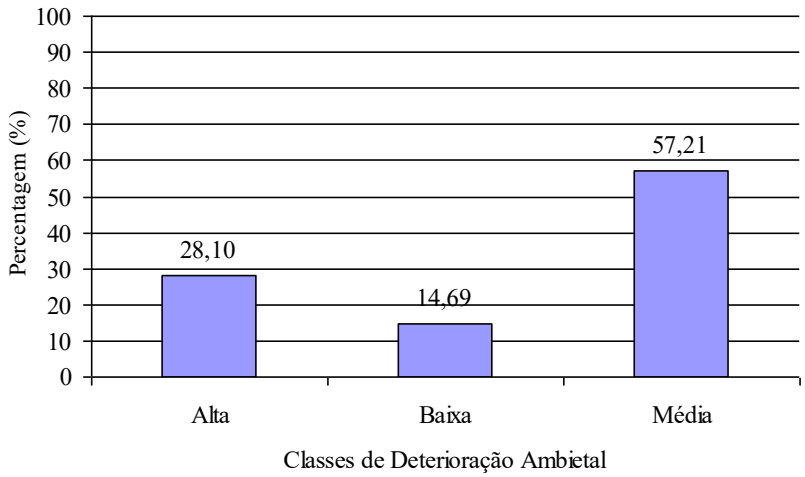


Figura 3. Gráfico de barras da Percentagem da Deterioração Ambiental.

Verificou-se que mais de 85% da área avaliada encontra-se em locais alta ou medianamente deteriorados, isso ocorre porque estas regiões são fortemente influenciadas por salinas e poços de petróleo com implicações diretas de riscos ambientais.

Percebeu-se ainda que as áreas de baixa deterioração concentram-se mais distantes do litoral ao norte (Figura 2), devido à exploração agropecuária tradicional ser menos deterioradora em comparação com as atividades acima citadas.

A seguir tem-se a Tabela das áreas calculada em hectares

.

Tabela 2. Áreas de Deterioração Ambiental (ha).

Classes de Deterioração	Área de Cada Classe (ha)
Alta	120.179,96
Baixa	62.842,54
Média	244.698,25

Como um hectare representa 10.000 m^2, pode-se fazer a correlação para metros quadrados ou quilômetros qudradados.

As áreas de alta deterioração apresentam aproximadamente 120 mil ha, distribuídos em áreas urbanas e áreas não urbanas.

As regiões de média deterioração correspondem a mais de 244 mil ha, quase totalmente em áreas não urbanas.

As áreas de alta deterioração se concentram em pouco mais de 120 mil ha e se encontram no interior, porém ainda com uma pequena área litorânea entre Tibau e Grossos, entretanto esta área começou a ser explorada do ponto de vista imobiliário podendo no futuro ser reduzida ou desaparecer respeitando-se os critérios desta avaliação. Isso se deve a falta de capacidade de suporte ambiental para deposição de esgoto, acumulação de resíduos sólidos e desmatamento, assim como ocupação de áreas de restingas e dunas.

CONCLUSÃO

A percentagem das áreas que apresentaram alta deterioração ambiental foi de 28,10%; já para áreas de baixa deterioração calculou-se 14,69% e as áreas de deterioração mediana concentrou 57,21%, portanto aproximadamente 85% da área de estudo apresentam degradação alta ou mediana.

As áreas deterioradas se concentram em locais utilizados por salinas, poços de petróleo e núcleos urbanos totalizando 364.878 ha entre alta e média deterioração. As áreas de baixa deterioração apresentam 62.842 ha em áreas interioranas na região estudada.

O modelo e a metodologia propostos se mostraram adequado ao estudo dentro dos parâmetros e critérios estabelecidos.

Sugere-se que no futuro torne-se a aplicar os mesmos parâmetros na mesma área de estudo a fim de verificar o avanço ou redução da deterioração ambiental registrada na área.

AGRADECIMENTOS

Reservo este espaço para agradecer ao CNpQ pelo aporte financeiro para a realização desta pesquisa, assim como à Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN e Departamento de Ciências Biológicas - DECB, pela infra-estrutura física e científica oferecida no laboratório de Geoprocessamento e a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL, **Código Florestal Brasileiro**. Lei Federal Nº 4.771. 15 de Outubro de 1965

COWEN, D. J. (1988). **GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences?** Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 54 , 1551-1154.

GOODCHID, M. (1987). **A spatial analytical perspective on geographical information systems, International Journal of GIS**, 1(4), 327-334.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <www.ibge.gov.br/cidades .> Acessado em :14 de Maio de 2008.

KURTZ, F. C., ROCHA. J. S. M., KURTZ, S. M. J. M. **Zoneamento Ambiental em pantanais (Banhados)**. Revista Brasileira de Engenharia agrícola e Ambiental, v. 5, n. 2, p.308-312, 2001.

LORINI, ML, PERSSON, VG e XAVIER-DA-SILVA, J. **Geoprocessamento Aplicado à Conservação de Espécies Ameaçadas de Extinção: O Projeto Mico-leão-da-cara-preta.** Anais da 1ª Semana Estadual de Geoprocessamento, RJ. 1996.

MELLO FILHO, J. A. - **Estudo das microbacias hidrográficas, delimitadas por compartimentos geomorfológicos, para o diagnostico físico - conservacionista.** Dissertação de Mestrado. Santa Maria-RS. Brasil. 1999.

MILANO, M. S. **Unidades de conservação: conceitos básicos e princípios gerais de planejamento, manejo administração**. Curitiba: [s.n.], 1993. 63 p.

PHILIPPI JÚNIOR, A.; SILVEIRA, V. F. Saneamento Ambiental e Ecologia Aplicada. IN: PHILIPPI JÚNIOR, A. *et al*. **Curso de Gestão Ambiental.** Barueri/SP: Manole, 2004.

ROCHA, J. S. M.; KONRAD, C. G.; CAMPONOGARA, I.; FRANTZ, L. C. **Zoneamento Ambiental da Microbacia Hidrográfica do Reservatório do Dnos de Santa Maria**. Congresso Brasileiro de Cadasro Técnico Multifinalitário. UFSC Florianópolis, 15 a 19 de Outubro 2006.

ROCHA, J. S. M. **Manual de Interpretação de Aerofotogramas - Facículos VIII (vegetação) e XIV (declividade)**. Santa Maria: UFSM, 1986.

ROCHA, J.S.M. **Manual de Projetos Ambientais. Santa Maria**: UFSM, 1997. 446p.

RONDINO, E. **Áreas Verdes como Redestinação de Áreas degradadas pela Mineração: Estudo de Casos nos Municípios de Ribeirão Preto, Itu e Campinas, Estado de São Paulo.** Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba – SO, 2005, 126 p.

SILVA, G. C. M.; SILVA, P. C. M.; ARAÚJO, W. M. D. **Determinação de Áreas Ambientalmente degradadas na Meso Região Oeste Potiguar. Revista verde, Mossoró** – RN, v.3, p.98-105, 2008.

SILVEIRA, B. D. A.; ARAÚJO, D. R.; SILVA, P. C. M. **Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente do Município de Grossos, RN.** Revista Caatinga (Mossoró,Brasil), v.21, n.3, p.206-213, julho/setembro de 2008.

V. 9, n. 2, p. 102-109, abr – jun , 2013.

UFCG - Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Saúde e Tecnologia Rural – CSTR. Campus de Patos – PB. www.cstr.ufcg.edu.br

Revista ACSA:
http://www.cstr.ufcg.edu.br/acsa/

Revista ACSA – OJS:
http://150.165.111.246/ojs-patos/index.php/ACSA

Francisco de Oliveira Mesquita[1]*

Anailson de Sousa Alves[1]

Samuel Marcus M. Malheiros[2]

Paulo Cesar Moura da Silva[3]

Wesley de Oliveira Santos[4]

Rafael Oliveira Batista[5]

*Autor para correspondência
Recebido para publicação em 15/01/2013. Aprovado em 12/06/2013.

[1] Doutorando do Programa de Pós Graduação em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFERSA, Mossoró-RN. Av. Costa e Silva, n. 572, CEP: 59.625-900.. e-mail: mesquitaagro@yahoo.com.br*
[2] Mestre em Eng. Agrícola. Doutorando em Manejo de Solo, Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA.
[3] Professor Adjunto da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, Caixa Postal 137, 59625-900. Mossoró-RN
[4] Mestre em Irrigação e Drenagem. Agrícola. Doutorando em Manejo de Solo, Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA.
[5] Professor Assistente da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, Caixa Postal 137, 59625-900. Mossoró-RN.

AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMIÁRIDO – ISSN 1808-6845
Artigo Científico

Uso do sensoriamento remoto para avaliação da distribuição espacial e quantificação de Macrófitas na barragem Umari – Upanema, RN

RESUMO

O monitoramento da vegetação aquática permite avaliar a evolução das comunidades e determinar o potencial de danos associados a essas populações. Objetivou-se no presente estudo quantificar a existência de macrófitas da barragem Umarí por meio da técnica de sensoriamento remoto, durante os períodos seco e chuvoso por dois anos consecutivos (2005 e 2006). Foi utilizado como indicador ambiental macrófitas, que se desenvolvem a partir do efeito antrópico no entorno do reservatório, seja com o lançamento de esgotos sem tratamento e drenagem de áreas agrícolas. Para quantificar as macrófitas foram usadas imagens do satélite LANDSAT de orbita 2,64 com 62 pontos, sendo as imagens processadas com o uso de softwares Spring e Terraview, com o intuito de mapear a área ocupada pelas macrófitas no interior do reservatório e sua evolução, ao longo de dois anos consecutivos. As imagens foram georeferenciadas pelo software SPRING e datum WGS 84. Foi feita a conversão para reflectância e coletados os dados de reflectância dos pontos amostrados. A produção de macrófitas nos dois anos estudados foi superior nos períodos de menor precipitação pluviométrica em relação aos anos mais chuvosos. O fator limitante e predominante nas águas do reservatório Umarí nos períodos estudados (chuvoso e seco) e em distintas épocas foi a distribuição espacial das chuvas.

Palavras-Chaves: monitoramento ambiental; qualidade da água; reservatório.

Use of remote sensing for evaluation of spatial distribution and measurement of Macrophytes of the dam Umari – Upanema, RN

ABSTRACT

SUMMARY: The monitoring of aquatic vegetation allows evaluating the development of communities and determine the potential of damage associated with these populations. The objective in the present study to quantify the existence of macrophytes on the Umari dam by means of remote sensing technique, during the dry and rainy period by two years consecutive (2005 and 2006). Was used as environmental indicator the macrophytes, that develop from the anthropic effect around the reservoir, is with the release of untreated sewage and drainage of agricultural areas. To quantify the macrophytes were used LANDSAT satellite images of orbits 2.64 with 62 points, the images are processed using software and Spring Terraview, in order to map the area occupied by macrophytes within the reservoir and its evolution over two consecutive years. The images were georeferenced by the SPRING software and the datum WGS 84. Was done the conversion for reflectance and collected the dados of reflectance of the sampled points. The production of macrophytes in the two years studied was higher in periods of low rainfall that the rainiest years. The factor limiting and predominant in the waters of the reservoir Umari the periods studied (rainy and dry) and in different times was the spatial distribution of rainfall.

Key words: environmental monitoring; Water quality; reservoir.

INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos constantemente sofrem com problemas de poluição, principalmente quando é descarregado alguns efluentes proveniente de esgotamento sanitário sem tratamento, efluentes industriais e drenagem de áreas agrícolas. Os efluentes gerados dessas atividades antrópicas contém composição química diferente quando comparado com os recursos hídricos ocorrendo um processo de enriquecimento de águas, sobretudo com nitrogênio e fósforo (SPERLING, 2005).

O sensoriamento remoto é uma tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados, da superfície terrestre, através da captação e do registro de energia refletida ou emitida pela superfície (FLORENZANO, 2002).

Baban (1999) diz que as imagens de sensoriamento remoto cumprem um importante papel na avaliação na quantificação de macrófitas em corpos hídricos, na qualidade da água e gestão de recursos hídricos, especificamente em sistemas lênticos, em áreas relacionadas à identificação das fontes de poluição, áreas hídricas sob processos de eutrofização e avaliação de clorofila, entre outros. Enfim, a eutrofização e o aumento na produtividade são associados a mudanças nas propriedades ópticas do corpo de água.

Quando ocorre aumento nos teores nos corpos hídricos desses dois nutrientes ocorrem algumas alterações na composição da água, resultando no fenômeno da eutrofização, e, possibilitando assim um crescimento exagerado de macrófitas aquáticas sobre o espelho d'água (DINIZ et al., 2005; DANELON et al., 2012).

As regiões de transição solo/água com macrófitas aquáticas, também chamadas "wetlands naturais" ou terras úmidas (MARQUES, 1999), são ecótonos, isto é, constituem zonas de fronteiras entre a água dos ambientes lênticos (lagos, açudes e represas) e os ambientes terrestres adjacentes e aí se desenvolve uma biota altamente diversificada (HENRY, 2003). Constituem-se em locais de recepção e de atenuação dos impactos terrestres, em que as plantas exercem atividade filtradora e ocorrem transformações bioquímicas, químicas e físicas, que modificam a qualidade da água.

Existem várias definições do termo macrófitas, entretanto Irgang e Gastal Jr (1996) definem macrófitas aquáticas como vegetais visíveis a olho nu, cujas partes fotossintetizantes ativas estão permanentemente ativas, ou por diversos meses, todos os anos, total ou parcialmente submersas em água doce ou salobra, ou ainda flutuante na mesma. As macrofitas são importantes respondem por diversas alterações ambientais e devem ser utilizadas como parâmetro para monitorar a qualidade da água (ROCHA et al., 2012).

A importância das plantas aquáticas na manutenção do equilíbrio natural de ambientes aquáticos é indiscutível, uma vez que acumulam biomassa, aceleram a ciclagem de nutrientes e realizam fotossíntese e consequente oxigenação da água, servindo de fonte de alimento e refúgio para peixes, aves e outros organismos (TANAKA 1998; IBAMA, 1998; THOMAZ, 2002; POMPÊO, 2008). Entretanto, em condições de desequilíbrio, os prejuízos são muito maiores que os benefícios (SMITH et al., 1999; VAN NES et al., 2002; TANAKA et al., 2002), podendo, inclusive, ocorrer morte de peixes por desequilíbrio na oxigenação. Logo, as macrofitas tem um papel importante no ecossistema aquático necessitando que sejam realizados estudos de monitoramento de forma constante.

A barragem de Umari é o terceiro maior reservatório do Estado do Rio Grande do Norte com um volume de acumulação de 292.813.650,00 m³. A barragem foi construída para atender à agricultura irrigada em 3000 ha, dar suporte a atividade agropecuária e desenvolver a produção de pescado em sua represa, beneficiando cerca de 25.492 habitantes (SEMARH, 2010).

O monitoramento periódico das macrófitas aquáticas permite avaliar a evolução das comunidades e determinar o potencial de danos associados a essas populações. Algumas medidas paliativas são feitas nos reservatórios para evitar uma grande proliferação das macrófitas como a retirada dessas, porém para reservatórios com grandes dimensões essa prática torna-se inviável (WALLACE e KNIGHT, 2006).

Diante do exposto, o artigo teve como objetivo avaliar a distribuição espacial por meio do sensoriamento remoto e a quantificação da existência de macrófitas aquáticas no espelho d'água na barragem de Umari no Rio Grande do Norte.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo encontra-se inserida na barragem Umarí, pertencente à Companhia de Águas e Esgoto do Estado do Rio Grande do Norte (CAERN), localizada na Bacia do rio Apodi-Mossoró, no município de Upanema, distante 8 km a montante da sede do município, cujas coordenadas geográficas são 9369,66 km N e 693,805 km E (Figura 1).

O clima regional é do tipo Bswh' segundo a classificação de Köppen, caracterizando-se por ser muito seco, muito quente e com a estação chuvosa mal distribuída para o outono (FILGUEIRA, 1994). Os dados provenientes da estação meteorológica indicaram (para o período de 2005 a 2006) temperatura média anual de 28,8°C, sendo a média do mês mais quente superior a 32,57°C e a média do mês mais frio em torno de 24,54°C, com precipitação de 1.346 $mm.ano^{-1}$, ocasionando uma grande amplitude térmica durante o ano e umidade relativa do ar de 67,9% (SANTOS, 2010).

O solo da região é classificado como ARGISSOLO Vermelho-Amarelo Distrófico latossólico sendo profundo a medianamente profundo, com textura arenosa, encontrando-se bem drenado, além de apresentar baixa retenção de nutrientes e pouca fertilidade natural. Topograficamente, constitui-se de terrenos planos e baixos (EMBRAPA, 1999).

Figura 1. Cinco pontos georeferenciados das proximidades do reservatório Umari localizada na Bacia do rio Apodi-Mossoró, no município de Upanema-RN.

A barragem tem as seguintes características: bacia hidráulica 2.922,67 ha, volume de acumulação 292.813.650,00 m³, extensão do lago 16,00 km e altura máxima (inclusive fundação) 42,00 m, sendo a terceira maior barragem do Rio Grande do Norte (SEMARH, 2010).

Foram utilizadas imagens captadas pelo sensor CBERS (Chinese Brazilian Environment Remote Sensing), obtidas junto ao INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e imagens LANDSAT de orbita 2,64 com 62 pontos, referente ao período de 2005 e 2006, atinente ao período chuvoso e seco, respectivamente. As imagens foram georeferenciadas pelo software SPRING e datum WGS 84. Foi feita a conversão para reflectância e coletados dados de reflectância dos pontos amostrados.

O método para quantificação das macrófitas aquáticas iniciou-se com a aquisição de imagens de satélite LANDSAT 5. As bandas são do infravermelho próximo, vermelho e verde, dentro do espectro eletromagnético, bandas estas responsáveis pela elaboração da imagem colorida RGB (Red, Green e Blue). Foram utilizados os softwares Spring 5.2 e Terraview 4.2.1 como aplicativo de dados geográficos para fazer a importação das imagens com recurso de consulta e análise de dados, possibilitando definir um retângulo envolvente da área a ser abrangida. O uso do Spring possibilita a importação das três bandas espectrais e a partir disso foi analisado através da técnica do contraste de imagens. Na técnica do contraste apenas os alvos já presentes nas imagens torna-se mais facilmente diferenciável pelo olho humano.

Após o tratamento das imagens, foi atribuída a composição colorida RGB, sendo que a banda quatro recebeu a cor vermelha (mais apropriada para análise de solo), a banda três recebeu a cor verde (mais apropriada para análise de cobertura vegetal) e a banda dois recebeu a cor azul (mais apropriada para a existência de água), o procedimento de classificação supervisionadas das imagens foi trabalhado de modo que a partir da análise da imagem de estudo os indicadores ambientais já podem ser identificados no espelho d'água através do método da composição colorida.

Posteriormente, foi excluída a área do entorno do reservatório para possibilitar somente a existência do corpo d'água e a presença ou não de plantas aquáticas, de modo que não houvesse confundimento com outras classes de cobertura do solo, como plantações.

Cada imagem passou pelo procedimento de mapeamento de classes que gerou mapas temáticos mostrando a distribuição espacial das áreas de ocupadas por plantas aquáticas, em dois anos consecutivos e em seguida foi processada a edição matricial das imagens.

A análise estatística utilizada das áreas do presente trabalho foi a estatística descritiva ou estatística básica empregando o processamento de dados tipo software Excel 2010 como médias, medianas e valores percentuais analisados ou copilados do banco de dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a (Tabela 1), durante o período de estudo no reservatório Umari foi observado algumas alterações fitofisionômicas marcantes relacionadas aos períodos chuvoso e seco relacionados aos anos 2005 e 2006, incrementando ou não sua cobertura vegetal nas margens do açude *in situ*.

Tabela 1. Quantificação e distribuição ocupacional de classes referente à produção de macrófitas no período chuvoso e secos nos anos 2005 e 2006, respectivamente no açude Umarí, município de Upanema-RN.

Data	Espécie vegetal	Área (ha)	Classe	Área (ha)	IPM	Período
04-07-2005	Macrófitas (ha)	142,829	Água (Total)	1.751,00	12,26	Seco
24-10-2005	Macrófitas (ha)	368,151	Água (Total)	2.090,00	5,67	Chuvoso
20-05-2006	Macrófitas (ha)	273,64	Água (Total)	1732,61	6,33	Chuvoso
04-08-2006	Macrófitas (ha)	509,88	Água (Total)	1732,62	3,39	Seco

IPM=Índice de produção de macrófitas.

No período chuvoso do ano de 2005 foi quantificada uma área ocupada por macrófitas de 142,83 ha e uma área coberta por água de 1752 ha. O que corresponde a um percentual de 8% de macrófitas aquáticas e 92% de água, respectivamente. O Índice de Produção de Macrófitas (IPM) que corresponde à relação entre a área total ocupada por água e a área compreendida por macrófitas neste período foi de 12,3 ha, ou seja, em cada 12,3 ha de água encontra-se ocupado por 01 ha de macrófitas (Tabela 1). Mediante fato, esse índice serve de alicerce para que vários autores possam analisar os processos de avaliação na quantificação de macrófitas em corpos hídricos, na qualidade da água, no gerenciamento de recursos hídricos e do processo de eutrofização.

Os dados copilados de Pedralli (2003) afirma que as macrófitas aquáticas estudadas através desse índice podem ser utilizadas como excelentes bioindicadoras da qualidade dos corpos hídricos, com custos bastante reduzidos, desde que conhecidas a *priori*, as condições que limitam sua ocorrência e crescimento, fato este comprovado para três reservatórios de Minas Gerais.

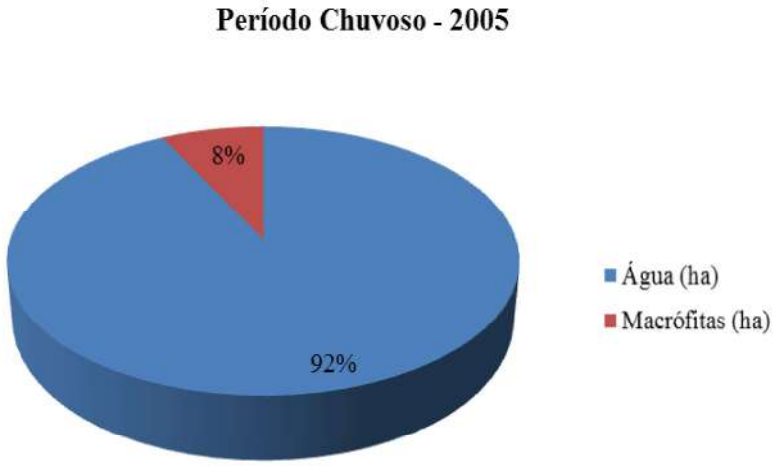


Figura 1. Percentual de ocupação por água e macrófitas aquáticas da Barragem de Umari no Rio Grande do Norte em 24 de julho de 2005.

Esses resultados estão compatíveis com Santos e Esteves (2002), ao mostrarem que o nível da água desempenha um papel importante na determinação da altura da planta e, portanto, da biomassa de várias macrófitas, como por exemplo, *Eleocharis interstincta*.

É perceptível no ano de 2005 a infestação das macrofitas próximas às margens do reservatório fato este observado também por Macedo e Galo (2011) ao relatarem que nessas regiões podem apresentar velocidade de corrente reduzida e pouco profundidade, e/ou concentrações elevadas de nitrogênio e fósforo, e/ou sedimentos, ficando evidenciado que muito que ocorre no ambiente aquático é influenciado pelos efeitos que ocorrem no seu entorno.

No período seco do mesmo ano observou uma área ocupada por macrófitas de 368,15 ha e uma área ocupada por água de 2090 há (Figura 2). O equivalente em termos de distribuição percentual de 15% de área tomada por macrófitas e 85% de área ocupada por água. Observa-se que o IPM nesse período foi superior ao período chuvoso, onde em cada 5,70 ha de área ocupada por água corresponde a 01 ha ocupada por macrófitas aquáticas (Tabela 1).

No período seco, assim como no período chuvoso, a concentração de nutrientes bem como o teor de matéria orgânica presente na água é fator primordial para alguns alterações fitofisionômicas marcantes na reprodução de várias macrófitas, incrementando assim uma comunidade divsercificar várias espécies.

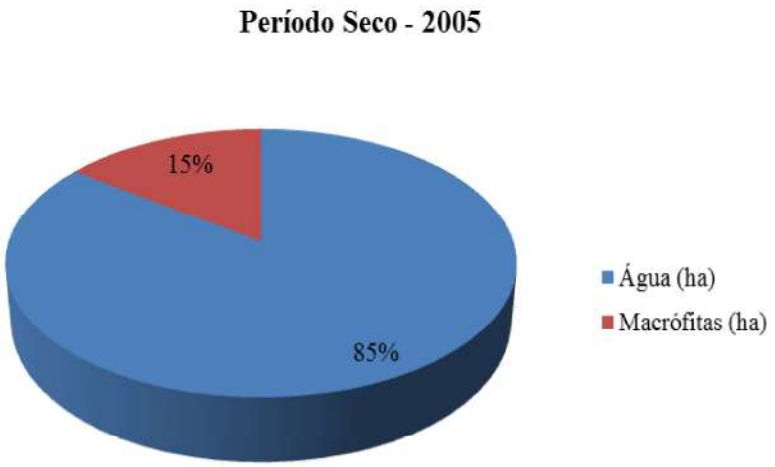


Figura 2. Percentagem de água ocupada e de macrófitas aquáticas da Barragem de Umari no Rio Grande do Norte em 08 de Outubro de 2005.

Este aumento é natural que ocorra no período seco devido a uma maior disponibilidade de nutrientes. Segundo Lolis e Thomaz (2011) ao avaliarem a distribuição temporal de macrofitas no reservatório Luiz Eduardo Magalhães verificaram uma maior riqueza de espécies nos meses de março e novembro, que correspondem ao final e início do período chuvoso, respectivamente.

Esses resultados estão compatíveis com Bornette et al. (1998) ao consideram que a redução do nível da água é responsável pela baixa diversidade das plantas, pois ela reduz a conectividade entre os ambientes, aumentando a competição e impedindo o aporte de propágulos que são principalmente dispersos pela água.

As análises realizadas em épocas distintas mostraram que as áreas propensas ao surgimento de macrófitas aquáticas, apresentaram valores seguindo um padrão quantitativo para o período seco e outro para o período chuvoso. No período chuvoso as áreas propensas a reprodução de plantas aquáticas apresentaram cerca de 273,64 há em ocupação de área, o que representa valor na ordem de 14% da área total do espelho do reservatório. Apesar da elevada precipitação no período chuvoso no ano de 2006, o volume do espelho d´água do açude Umari foi aumentando proporcionalmente até 1732,61 ha, perfazendo um valor de 86% do volume total, provocado com isso uma menor concentração de nutrientes no corpo hídrico favorecendo assim para uma redução da produção de macrófitas.

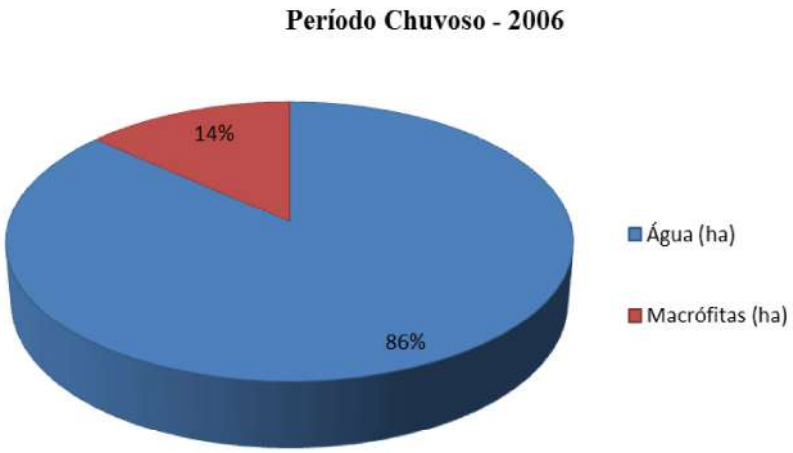


Figura 3. Taxa de ocupação por água e macrófitas aquáticas da Barragem de Umari no Rio Grande do Norte em 05 de Maio de 2006.

Observa-se a partir desses dados que o índice de produção de macrófitas (IPM) no período período chuvoso foi da ordem de 6,33. Este fato indica que a cada 6,33 ha do espelho d´água ocupado equivale em termos de área a 1 ha ocupada por macrófitas aquáticas (Tabela 1). Esses dados estão conerente segundo Thomaz e Bini (2003) foi observado que os níveis de água constituem-se variável chave, que influencia os processos de colonização e crescimento de plantas aquáticas.

No período seco do corrente ano de 2006, foi encontrada uma área ocupada por macrófitas de 509,84 ha e uma área coberta por água de 1732,61 ha. Desses valores ocupacionais equivalem a 77 e 23% em termos percentuais de macrófitas aquáticas e de água, respectivamente (Figura 4). Fazendo inferência ao fator produção de macrófitas, esse índice corresponde a 3,39, ou seja, em cada 3,39 ha de água existe 1 ha ocupado por macrófitas.

De maneira geral, os dados estão similares com Bini et al. (2005) ao abordarem o levantamento da diversidade florística e a análise dos padrões de distribuição das espécies de macrófitas das quais oferecem importantes subsídios para o estabelecimento de prioridades de conservação das comunidades vegetais e das espécies em diversos corpos hídricos.

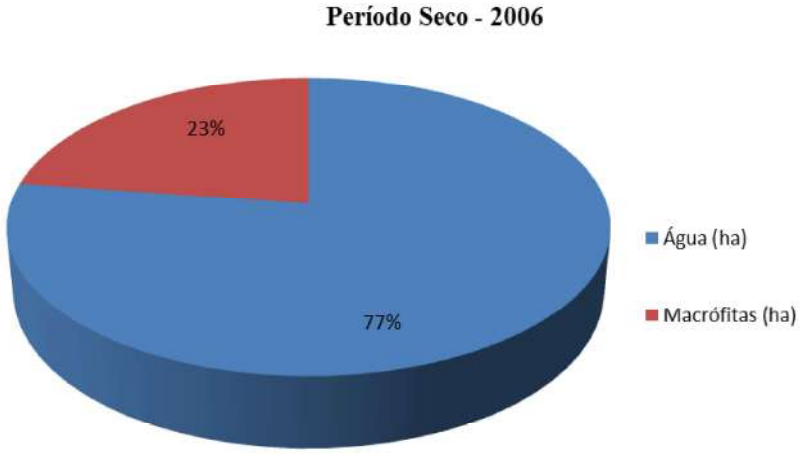


Figura 4. Percentual de ocupação por água e macrófitas aquáticas da Barragem de Umari no Rio Grande do Norte em 24 de Agosto de 2006.

Estudos que abordam o levantamento da diversidade florística e a análise dos padrões de distribuição de espécies oferecem importantes subsídios para o estabelecimento de prioridades de conservação das comunidades vegetais e das espécies (BINI et al. 2005; TUNDISI, 2007). Para este trabalho, foi observado que as macrófitas estão se reproduzindo em reservatório de maneira diferenciada em função da distribuição espacial de chuvas, e que foi comprovado que no período seco e chuvoso interfere efetivamente na reprodução de macrófitas aquáticas.

Os reservatórios que apresentaram diversidade elevada durante o período chuvoso, provavelmente deve estar relacionado à maior disponibilidade de água neste período, o que possibilitou maior desenvolvimento das macrófitas. Todavia, foi possível verificar que, mesmo estando sob condições de clima e precipitação pluviométrica diferenciada, estes fatores não foram predominantes na formação da riqueza, e que possivelmente outros fatores estão incidindo. Isso se deve ao fato de que, além da temperatura e disponibilidade de luz outras variáveis também exercem influência no crescimento de macrófitas aquáticas, como luminosidade, nutrientes, pH, alcalinidade, salinidade, velocidade da corrente, variação no nível d´água e interações ecológicas (BARENDREGT e BIO, 2003; HENRY-SILVA e CAMARGO, 2005).

CONCLUSÕES

O sensoriamento remoto foi uma ferramenta confiável no processo de obtenção dos dados.

A produção de macrófitas nos dois anos estudados foi superior nos períodos de menor precipitação pluviométrica de que nos anos mais chuvosos.

O fator limitante e predominante nas águas do reservatório Umari nos períodos estudados (chuvoso e seco) e em distintas épocas foi a distribuição espacial das chuvas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BABAN, S. M. J. Use of remote sensing and geographical information systems in developing lake management strategies. **Hydrobiologia**. v. 395, n. 3, p. 211-226. 1999.

BARENDREGT, A.; BIO, A. M. F. Relevant variables to predict macrophytes communities in running waters. **Ecol. Model**. v. 160, p. 205-217, 2003.

BINI, L.M.; OLIVEIRA, L.G.; SOUZA, D.C.; CARVALHO, P.; PINTO, M.P. Patterns of the aquatic macrophyte cover in Cachoeira Dourada Reservoir (GO-MG). **Brazilian Journal of Biology**. v. 65, n. 1, p. 19-24, 2005.

DANELON, J. R. B.; LUZ NETTO, F. M.; RODRIGUES, S. C. Análise do nível de fosforo total, nitrogênio amoniacal e cloretos nas águas do córrego terra branca no município de Uberlândia (MG). **Revista Geonorte**, v.1, n.4, p.412-421, 2012.

DINIZ, C. R.; CEBALLOS, B. S. O.; BARBOSA, J. E. L.; KONIG, A. Uso de macrófitas aquáticas como solução ecológica para melhoria da qualidade de água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, Suplemento, p.226-230, 2005.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solo**. Brasília: 1999. 412p.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 1988. 575 p.

FILGUEIRA, R. F. Manguezais do estuário do rio Mossoró-Apodi: um ecossistema a ser preservado. Mossoró (RN), 1994. 48p (Monografia de Especialização).

FLORENZANO, T. G. Imagens de satélites para estudos ambientais. São Paulo: Oficina de textos, 2002. 97 p.

HENRY, R. Os ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos: conceitos, tipos, processos e importância – estudo de aplicação em marginais ao rio Paranapanema na zona de desembocadura na Represa Jurumirim. In: Henry, R. **Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos**. São Carlos: RiMa, 2003, p.1-28.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M. Avaliação sazonal da biomassa da macrófita aquática Eichhornia azurea em um rio de águas brancas da bacia hidrográfica do rio Itanhaém (litoral sul do Estado de São Paulo, Brasil). **Hoehnea** v. 30, n. 1, p. 71-77, 2003.

IBAMA Apresentação. In: Workshop Sobre Controle de Plantas Aquáticas, 1998, Brasília. **Anais...** Brasília: IBAMA, 1998. p. 2-4.

IRGANG, B. E.; GASTAL Jr, C. V. de S. **Macrófitas Aquáticas da Planície Costeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1996. 290 p.

LOLIS, S. F.; THOMAZ, S. M. Monitoramento da composição específica da comunidade de macrofitas aquáticas no reservatório de Luiz Eduardo Magalhães. **Planta Daninha**, v. 29, n. 2, p. 257-258, 2011.

MACEDO, C. R.; GALO, M. L. B. T. Utilização de dados e técnicas de sensoriamento remoto no monitoramento da infestação por plantas aquáticas em reservatório de hidrelétrica. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 7, n. 2, p. 251-268, 2011.

MARQUES, D. M. **Terras úmidas construídas de fluxo subsuperficial**. In: Campos, J.R. (Coord.). Tratamento de

esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: ABES, 1999. p.409-435.

PEDRALI, G. Macrófitas aquáticas como bioindicadoras da qualidade da água: alternativas para usos múltiplos de reservatórios. In: Thomaz S.M. e Bini, L.M. (eds.). **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. pp. 171-188. 2003. Maringá: Eduem.

POMPÊO, M. Monitoramento e manejo de macrofitas aquáticas. **Oeol. Bras**., v.12, n. 3, p. 406-424, 2008.

SANTOS, A. M., ESTEVES, F. A. Primary production and mortality of Eleocharis interstincta in response to water level fluctuations. **Aquat. Bot**. v. 74, 189–199. 2002

SANTOS, W. O. **Ajuste da evapotranspiração de referência estimada através de 10 métodos em Mossoró-RN à diferentes distribuições densidade de probabilidade.** 2010. 222f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2010.

ROCHA, C. M. C.; ALVES, A. E.; CARDOSO, A. S.; CUNHA, M. C. C. Macrófitas Aquáticas como Parâmetro no Monitoramento Ambiental da Qualidade da Água. **Revista Brasileira de Geografia Física**, n. 4, p. 970-983, 2012.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS – SEMARH. **Manual de instrução para licenciamento ambiental de fontes potencialmente poluidoras**. GOIÂNIA-GO. 2010. 52p.

SMITH, B. E.; LANGELAND, K. A.; HANLON, C. G. Influence of foliar exposure, adjuvants and rain-free period on the efficacy of glyphosate for torpedograss control. J. **Aquat. Plant. Manag.,** v. 37, p. 13-16, 1999.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 1 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; UFMG; 2005. 452p.

TANAKA, R. H. et al. Ocorrência de plantas aquáticas nos reservatórios da Companhia Energética de São Paulo. **Planta Daninha,** v. 20, p. 99-111, 2002.

TANAKA, R. H. Prejuízos provocados por plantas aquáticas. In: Workshop Sobre Controle de Plantas Aquáticas, 1998, Brasília. **Anais...** Brasília: IBAMA, 1998. p. 36-38.

THOMAZ, S. M. Fatores ecológicos associados à colonização e ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas e desafios de manejo. **Planta Daninha** (Especial), v. 20, n. 21, p. 21-33, 2002.

THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. Análise crítica dos estudos sobre macrófitas aquáticas desenvolvidos no Brasil. In: Thomaz, S. M. & Bini, L. M. (eds**.). Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. pp. 19-38, 2003. Maringá: Eduem

TUNDISI, J. G. R**eservatórios como sistemas complexos: teoria, aplicação e perspectivas para usos múltiplos.** In: Henry R. (Ed.). Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais. FUNDIBIO. 2007. pp. 19-38.

VAN NES, E. H. et al. Aquatic macrophytes: restore, eradicate or is there a compromise. **Aquat. Botany**, v. 72, p. 387-403, 2002.

WALLACE, S. D.; KNIGHT, R. L. **Small-scale constructed wetland treatment systems: Feasibility**, design criteria, and O&M requiremeents - Final Report. London, United Kingdom IWA Publishing, 2006.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Sistema ecológico para tratamento de esgoto primário em assentamentos rurais do semiárido brasileiro

Ecological system for primary sewage treatment in rural communities of Brazilian semiarid

Rafael Oliveira Batista[1], Glícia Pinto Barra Reinaldo[1], João Marcelo Freire Segundo[1], Luis Cesar de Aquino Lemos Filho[1], Paulo Cesar Moura da Silva[1], Delfran Batista dos Santos[2]

[1]Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Avenida Francisco Mota, 572, Costa e Silva, CEP: 59625-900, Mossoró, RN. E-mail: rafaelbatista@ufersa.edu.br
[2]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano (IF Baiano), Senhor do Bonfim, BA

Recebido em: 27/04/2012 Aceito em: 25/09/2013

Resumo. O presente trabalho objetivou analisar o desempenho de sistema alagado construído e reator solar no tratamento de esgoto doméstico primário do assentamento Milagres em Apodi-RN. De 1 a 22 de dezembro de 2010, equivalente ao período de 48 a 70 dias após o plantio de capim elefante (*Pennisetum purpureum*), foram coletadas amostras do esgoto doméstico nas distintas etapas de tratamento, em quatro repetições no tempo, para determinação de características físico-químicas e microbiológicas referentes ao desempenho do sistema. Os resultados indicaram que houve remoção significativa de turbidez, coliformes totais e termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, sólidos totais, sólidos suspensos, fósforo total, nitrogênio total e óleos e graxas com o uso do conjunto de decanto-digestor com filtros biológicos, sistema alagado construído e reator solar. A combinação de radiação solar de 25,16 MJ m^{-2} d^{-1}, lâmina de 0,10 m de efluente e tempo de exposição solar de 12 horas em Apodi-RN permitiu remoção de até 99,99% dos coliformes termotolerantes e o efluente tratado apresenta padrão microbiológico que atende as diretrizes estaduais para fertirrigação de cultivos agrícolas não consumidos crus.

Palavras-chave. Água residuária, sistema alagado construído, reator solar

Abstract . This study aimed to analyze the performance of wetland and solar reactor on treatment of primary domestic sewage in a county of Milagres, Apodi-RN. During the period of 1 to 22 December 2010, equivalent to 48 to 70 days after planting of *Pennisetum purpureum*, samples were collected from domestic sewage at different stages of treatment in four replications in time, to determine physicochemical and microbiological characteristics about the system performance. The results showed that significant removal of turbidity, total and thermotolerant coliforms, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, total solids, suspended solids, total phosphorus, total nitrogen and oil and grease were obtained using set of decant-digester with biological filters, wetland and solar reactor; the combination of solar radiation of 25.16 MJ m^{-2} d^{-1}, 0.10 m depth of effluent and exposure to solar radiation time of 12 hours in Apodi-RN allowed removal of up to 99.99% of fecal coliform; and the treated effluent has microbiological state standard that meets guidelines for fertigation of crops not eaten raw.

Keywords. Waste water, wetland, solar reactor

Introdução

A falta de sistemas de coleta e tratamento dos esgotos domésticos é uma realidade nas áreas rurais de todo território brasileiro, sendo responsável por várias doenças que afetam diretamente a qualidade de vida da população.

De acordo com o Ministério das Cidades (2009) as principais doenças que surgem em função da falta e condições inadequadas do saneamento são: poliomielite, hepatite, giardíase, disenteria amebiana, diarréias por vírus, febre tifóide, paratifóide, diarréias, disenterias bacterianas (cólera), ascaridíase (lombrigas), tricuríase, ancilostomíase (amarelão), esquitossomose, Filariose (elefantíase), dengue, febre amarela e malária.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

O esgotamento sanitário é uma ação do saneamento básico que consiste no implantação de rede colora dos esgotos domésticos, estação de tratamento e sistema de disposição dos esgotos tratados no ambiente. Considerando as áreas urbanas e rurais no Brasil 44,8% dos municípios possuem rede coletora de esgoto doméstico, sendo que apenas 28,4% desses municípios possuem sistema de tratamento e disposição final dos esgotos tratados (IBGE, 2010).

Cerca de 54,3% da população rural recorre a soluções não adequadas para o tratamento do esgoto doméstico, como fossas rudimentares, valas e despejo do esgoto diretamente nos rios, lagos e mares, o que representa uma ameaça à saúde da população (Ministério das Cidades, 2009).

No que concerne às companhias de saneamento, o lançamento de esgoto doméstico bruto em corpos hídricos altera as características naturais da água, a partir do ponto de lançamento e compromete sua qualidade para consumo humano ou mesmo para uso em atividades agropecuárias.

Atualmente, as tecnologias utilizadas pelas companhias de saneamento tornam-se inviáveis para comunidades rurais de baixa renda de regiões semiáridas, tanto pelo alto custo de implantação e manutenção quanto pela grande dispersão populacional nas zonas rurais. Portanto, existem necessidades quanto ao desenvolvimento de tecnologias de baixo custo e de fácil operação para o tratamento de esgoto doméstico e que possibilite aumento de renda pelo uso do efluente tratado na fertirrigação de cultivos agrícolas, gerando sustentabilidade ambiental. Nesse sentido, destacam-se as seguintes tecnologias:

- *Tanques sépticos:* são tanques que objetivam a retenção de sólidos flutuantes, decantação de sólidos sedimentáveis, alteração das características da fase líquida, deposição acúmulo e adensamento do lodo decantado em regime de decomposição anaeróbia, digestão parcial da escuma, redução sensível do número de bactérias patogênicas. Este dispositivo é recomendado para o tratamento de efluentes gerados por até 300 pessoas, removendo em média 50% da Demanda Bioquímica de Oxigênio (Matos, 2007).

- *Filtros anaeróbios:* são tanques de forma cilíndrica ou prismática de seção quadrada com fundo perfurado, preenchido com material inerte poroso que têm por finalidade proporcionar tratamento anaeróbio complementar ao obtido em tanques sépticos. O filtro anaeróbio é um dispositivo que faz parte da etapa de tratamento primário e utiliza o método físico e biológico para remoção de poluente no tratamento de um efluente, removendo até 85% da Demanda Bioquímica de Oxigênio (Matos, 2007).

- *Sistemas alagados construídos (SACs):* são dispositivos construídos em alvenaria ou com manta impermeabilizante preenchidos internamente com material poroso e inerte (cascalho, brita, tampa de garrafa pet e outros). Sobre o meio filtrante são cultivadas espécies de plantas com grande capacidade de extração de poluentes presentes nos esgotos domésticos. Para evitar o surgimento de odores desagradáveis, insetos e animais peçonhentos recomenda-se a utilização de fluxo subsuperficial do esgoto doméstico (Matos, 2007). Prochaska et. al. (2008) obtiveram remoções de 52, 60 e 96% nas concentrações de fósforo total, nitrato e Demanda Química de Oxigênio em SAC abastecido com esgoto doméstico, tendo a *Phragmites australis* como planta extratora. Matos et al. (2010) utilizaram taboa (*Typha latifolia L.*), alternantera (*Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Grieb.) e o capim tifton-85 (*Cynodon dactylon* Pers.) como plantas extratoras de poluentes em sistemas alagados construídos para o tratamento de água residuária de suinocultura. Com vazão média diária de 0,8 m^3 foram obtidas remoções de 91, 89, 86 e 94% nas concentrações de sólidos suspensos, Demanda Química de Oxigênio, Demanda Bioquímica de Oxigênio e zinco, respectivamente.

- *Reatores solares:* são tanques construídos em alvenaria ou fibra de vidro que possibilitam o armazenamento de esgoto doméstico para exposição direta à radiação solar local, visando a inativação dos microrganismos patogênicos. A Região Nordeste se apresenta como a mais promissora para a aplicação desta tecnologia. Nos estados do Piauí e Maranhão, durante o ano todo, é preciso dois dias de exposição solar, independentemente da profundidade (até 0,20 m) da água residuária a ser tratada. Nas Regiões Sudeste e Centro Oeste, durante o inverno, são necessários menos de 2,5 dias; enquanto, no resto do ano serão necessários dois dias de exposição solar (Sanches-Ramon et al., 2007).

O presente trabalho objetivou analisar o desempenho de sistema alagado construído e reator solar no tratamento de esgoto doméstico primário do assentamento rural Milagres em Apodi-RN, no período de 1 a 22 de dezembro de 2010.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Material e Métodos

O presente trabalho foi realizado no Projeto de Assentamento Rural Milagres em Apodi-RN, situado a 100 km de Mossoró-RN, sob as coordenadas geográficas 5º35'22" de latitude sul e 37º54'09" de longitude oeste.

O assentamento possui 107 habitantes residindo em 28 casas, dispondo de rede coletora do esgoto doméstico e um sistema de tratamento preliminar/primário denominado decanto-digestor. Tal sistema possui um tanque séptico com duas câmaras, gradeamento e dois filtros anaeróbios de fluxo descendente. O decanto-digestor foi dimensionado para tratar uma vazão ate 20 m^3 d^{-1} de esgoto doméstico com remoção do lodo a cada dois anos. No período experimental de setembro a dezembro de 2010 a vazão no sistema era de 12 m^3 d^{-1}, tendo em que vista que apenas 60 pessoas estavam gerando esgoto doméstico.

Ao lado do decanto-digestor foi implantada uma pequena infraestrutura em miniatura para tratamento complementar de parte do esgoto doméstico gerado no Assentamento Milagres (Figura 1).

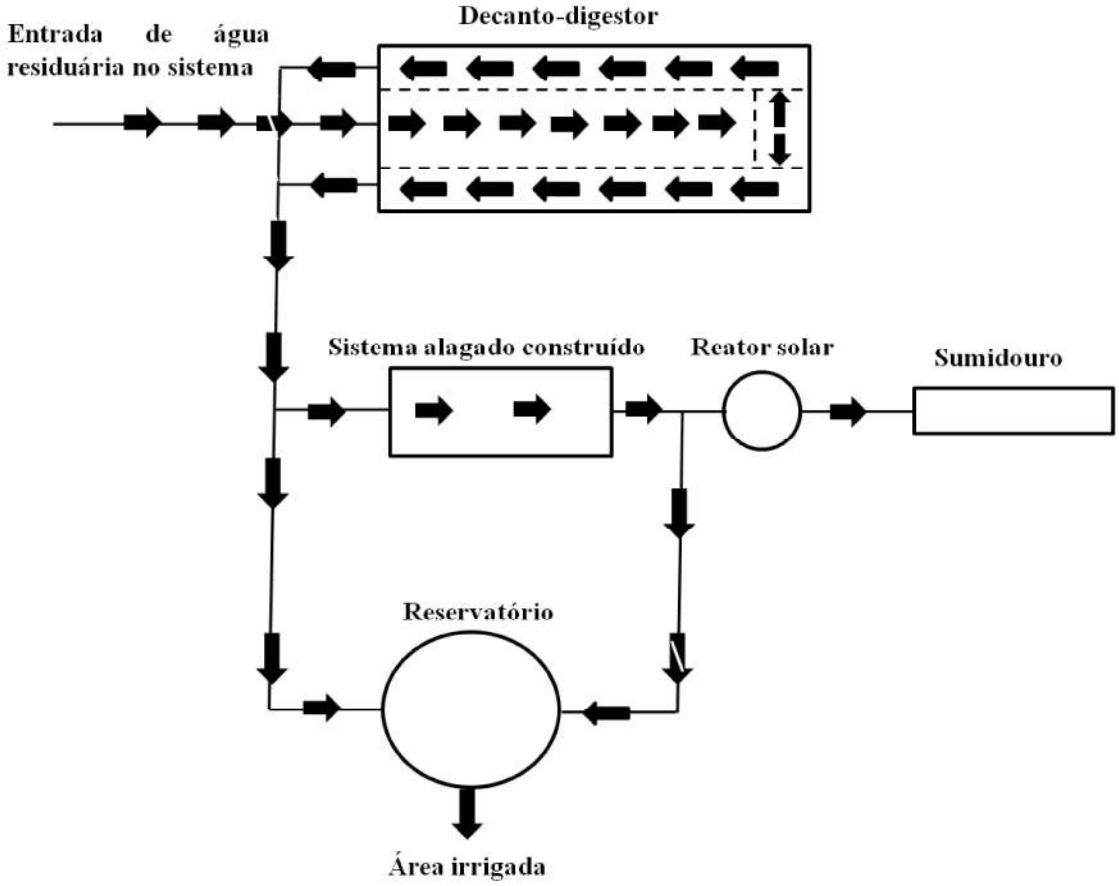


Figura 1. Ilustração do sistema de tratamento e aproveitamento esgoto doméstico implantado no Assentamento Milagres, área experimental da UFERSA, em Apodi-RN.

Decanto-digestor: Tal dispositivo consiste de um tanque séptico e dois filtros anaeróbios, construídos em alvenaria de tijolos e reboco com impermeabilizante nas dimensões de 4,0 m de largura por 8,0 m de comprimento por 1,80 m de profundidade. No entanto, a profundidade útil do sistema foi de 1,30 m, além de ser dividido da seguinte forma: a) um tanque séptico com duas câmaras, medindo de 2,0 m de largura por 7,6 m de comprimento por 1,30 m de profundidade útil, tempo de detenção hidráulica de 0,5 dia, frequência para remoção do lodo a cada dois anos, ocupando um volume de cerca de 21 m^3; b) grade tipo fina para remoção de material particulado com tamanho de até 0,02 m nas dimensões de 1,0 m de largura por 2,0 m de comprimento, instalada a jusante do tanque

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

séptico; e c) dois filtros anaeróbios de fluxo descendente, cada uma nas dimensões de 1,0 m de largura por 6,0 m de comprimento por 1,30 m de profundidade útil, ocupando os dois um volume de 16,0 m^3. Os filtros anaeróbios foram preenchidos, internamente, com tijolos cerâmicos de oito furos para auxiliar na formação de biofilme para degradação de poluentes químicos e orgânicos presentes no efluente. O tempo de detenção hidráulica estimado para cada filtro é aproximadamente de duas horas. Foi dimensionamento conforme as recomendações da NBR 7229.

Sistema alagado construído: composto por um leito com fluxo subsuperficial horizontal, para tratamento secundário/terciário do esgoto doméstico, construído em alvenaria nas dimensões de 2,0 m de largura por 4,0 m de comprimento por 0,70 m de profundidade, enterrado no solo. O meio suporte utilizado foi a brita 1 que possibilita a formação do biofilme para o tratamento biológico do efluente. No dia 23 de setembro de 2010 foram plantados os colmos de capim elefante (*Pennisetum purpureum*) no sistema alagado construído no espaçamento de 0,60 m entre fileiras e 0,60 m entre centro de colmos. Tal espécie vegetal foi escolhida por capacidade de extração de nutrientes do esgoto doméstico e posterior conversão em biomassa que pode, após exposição à radiação solar, servir como alimento para pequenas criações de animais no assentamento (bovinos, caprinos e ovinos).

No dimensionamento do sistema alagado construído foi considerada uma vazão de 1,0 m^3 d^{-1}, taxa de aplicação de 400 kg de DBO ha^{-1} d^{-1} e concentração típica de DBO do esgoto doméstico de 300 mg L^{-1} seguindo as recomendações de Matos (2007).

Reator solar: Tal dispositivo foi construído em fibra de vidro (3 mm), no formato cilíndrico, conforme as recomendações de Sanches-Roman et al. (2007) nas dimensões de 1,30 m de diâmetro e 0,40 m de profundidade, dotado de capacidade máxima armazenadora para 0,53 m^3. No interior do reator foi fixada uma régua com precisão de um centímetro para o monitoramento da lâmina de efluente a ser tratado. Este dispositivo foi operado com uma lâmina de efluente de 0,10 m durante um período de exposição à radiação solar de 12 horas, de acordo com Moura et al. (2011).

Sumidouro: utilizado para infiltrar o volume de esgoto doméstico tratado no reator solar, ou seja, cerca de 0,13 m^3 a cada ensaio realizado. O restante do volume de esgoto doméstico tratado pelo sistema alagado construído era lançado em um reservatório para posterior aproveitamento na agricultura. Com um ensaio prévio de infiltração constatou-se que o coeficiente de infiltração do solo na área foi de 65 L m^{-2} d^{-1}. No dimensionamento do sumidouro foram levadas em consideração as recomendações NBR 7229;

Reservatório: este dispositivo permite armazenar o efluente tratado no sistema alagado construído que não foi destinado ao sumidouro para a fertirrigação de cultivo agrícolas no Assentamento Milagres. Construído em concreto armado com capacidade armazenadora para 10 m^3, tendo diâmetro de 3,5 m e profundidade de 1,0 m.

No período de 1 a 22 de dezembro de 2010, equivalente ao período de 48 a 70 dias após o plantio do capim elefante (*Pennisetum purpureum*), foram realizadas quatro amostragens de efluentes nos seguintes pontos do sistema: Ponto 1 - efluente coletado na entrada do decanto-digestor; Ponto 2 - efluente coletado na saída do decanto-digestor; Ponto 3 - efluente coletado à jusante do sistema alagado construído; e Ponto 4 - efluente coletado no reator solar.

Para caracterização físico-química dos efluentes, amostras foram coletadas nos pontos 1, 2, 3 e 4 do sistema e preservadas em caixas isotérmicas com gelo à temperatura de 4°C até a entrada no laboratório. Posteriormente, tais amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Diagnóstico Físico-Químico da Universidade Estadual do Rio Grande do Norte (UERN) onde foram realizadas análises de: pH, condutividade elétrica, turbidez, Demanda Química de Oxigênio, Demanda Bioquímica de Oxigênio, sólidos totais, sólidos suspensos, nitrogênio total, fósforo total, óleos e graxas e nitrato.

Para caracterização microbiológica dos efluentes, amostras foram coletadas em frasco esterilizados nos pontos 1 e 4 do sistema às 14:00 horas. Estas amostras foram preservadas em caixa isotérmica com gelo, foram encaminhadas para o Laboratório de Inspeção de Produtos de Origem Animal, localizado na Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA) para identificação e quantificação dos níveis populacionais de coliformes totais e coliformes termotolerantes. Deve-se ressaltar que para avaliar estas características foi necessário o preparo do reator solar, um dia antes da amostragem, ou seja, às 14:00 horas do dia anterior armazenava-se uma lâmina de

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

efluente no reator de cerca de 0,10 m, para exposição à radiação solar local, e posterior coleta no dia seguinte.

No período de 11 a 17 de setembro de 2011, foi realizada a medição da vazão que estava passando pelo sistema alagado construído. Para tal, foi utilizado o método gravimétrico. O volume médio semanal de esgoto foi de 1,93 m^3, resultando em uma vazão média de 80,51 L h^{-1}. O tempo de retenção hidráulica no sistema foi de 1,5 dias.

Nos pontos 1 e 4 foram analisados todas as variáveis, enquanto que nos pontos 2 e 3 foram analisados somente pH, condutividade elétrica, turbidez, sólidos totais e sólidos suspensos. Os dados de radiação solar, por sua vez, foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para o período de avaliação da pesquisa.

O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com quatro repetições no tempo. Os dados foram, inicialmente, submetidos a analise de variância, utilizando-se o teste F com significância de até 5%; e b) as médias foram comparadas empregando-se o teste de Tukey com significância de até 5%.

Resultados e Discussão

A Tabela 1 contém os resultados das análises físicas, químicas e microbiológicas dos efluentes coletados na mini-estação de tratamento de esgoto doméstico, no período de 1 a 22 de dezembro de 2010.

Tabela 1. Características físicas, químicas e microbiológicas dos efluentes coletados no sistema de tratamento de esgoto doméstico, ao longo do período experimental.

Ponto	pH	CE	TB	CT	CTe	DQO	DBO	ST	SS	P_{total}	N_{total}	OG	NO_3^-
		dS m^{-1}	UNT	NMP/100 mL						mg L^{-1}			
Amostragem de 1 de dezembro de 2010													
Ponto 1	6,72	2,14	578,50	$2,00x10^8$	$7,70x10^6$	1075,23	454,72	796	302	8,29	52,18	155,90	5,00
Ponto 2	7,05	1,36	389,20					678	90				
Ponto 3	7,05	1,27	29,10					378	30				
Ponto 4	7,09	1,11	26,30	$9,40x10^3$	$4,30x10^2$	310,12	176,32	356	25	5,41	39,25	0,40	3,19
Amostragem de 8 de dezembro de 2010													
Ponto 1	8,21	1,27	321,17	$1,10x10^7$	$1,10x10^5$	1222,45	670,90	880	221	5,33	61,79	107,10	5,26
Ponto 2	7,08	1,09	216,70					221	70				
Ponto 3	7,41	1,09	36,70					180	12				
Ponto 4	7,93	1,09	31,30	$2,40x10^4$	$2,30x10^3$	210,12	95,12	154	10	0,81	15,87	0,20	5,36
Amostragem de 15 de dezembro de 2010													
Ponto 1	7,48	1,15	438,12	$3,10x10^8$	$3,30x10^6$	978,43	432,90	760	256	8,90	58,90	178,40	8,79
Ponto 2	7,56	1,10	271,15					345	95				
Ponto 3	7,45	1,07	40,20					220	25				
Ponto 4	7,34	1,03	39,60	$6,40x10^3$	$3,20x10^2$	178,80	89,40	230	24	1,02	13,20	20,00	4,78
Amostragem de 22 de dezembro de 2010													
Ponto 1	7,78	1,45	443,12	$5,20x10^7$	$2,80x10^5$	1022,32	534,30	902	289	7,80	63,40	165,30	9,10
Ponto 2	7,32	1,32	265,12					358	100				
Ponto 3	7,34	1,35	42,80					245	30				
Ponto 4	7,23	1,31	41,90	$5,70x10^4$	$2,90x10^3$	150,32	70,30	230	29	1,32	9,90	1,50	3,33

NOTA: Ponto 1: efluente coletado na entrada do decanto-digestor; Ponto 2: efluente coletado na saída do decanto-digestor; Ponto 3: efluente coletado à jusante do sistema alagado construído; e Ponto 4: efluente coletado no reator solar. pH - potencial hidrogeniônico; CE - condutividade elétrica; TB - turbidez; CT - coliformes totais; CTe - coliformes termotolerantes; DQO - demanda química de oxigênio; DBO - demanda bioquímica de oxigênio; ST - sólidos totais; SS - sólidos suspensos; P_{total} - fósforo total; N_{total} - nitrogênio total; OG - óleos e graxas; e NO_3^- - nitrato.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Os valores de pH do esgoto doméstico tratado (ponto 4) continuaram atendendo ao padrão estabelecido pela Resolução CONAMA n.º 430 para lançamento de esgotos domésticos tratados em corpos hídricos (BRASIL, 2011). No entanto, os valores de pH não apresentaram alterações que comprometessem a operação do sistema (alcalinização e acidificação). Os valores de pH no ponto 4 oscilaram de 7,09 a 7,93; valores estes superiores aos obtidos por Moura et al (2010).

A condutividade elétrica do esgoto doméstico tratado (ponto 4) oscilou de 1,03 a 1,31 dS m^{-1}, nas quatro amostragens, sendo similar aos valores obtidos por Moura et al. (2010). Tais valores continuam sendo inferiores ao limite de 3 dS m^{-1} apresentado na Portaria n.º 154 do Estado do Ceará (CEARÁ, 2002) para uso agrícola de efluentes tratados.

Comparando os valores de turbidez do efluente coletado nos pontos 1 e 4, nos quatro dias de amostragem, constataram-se remoções de 90 a 95%. Tais remoções foram similares as obtidas por Moura et al. (2010). No ponto 4, os valores de turbidez oscilaram de 26,3 a 41,9 UNT conforme demonstrado na Figura 2.

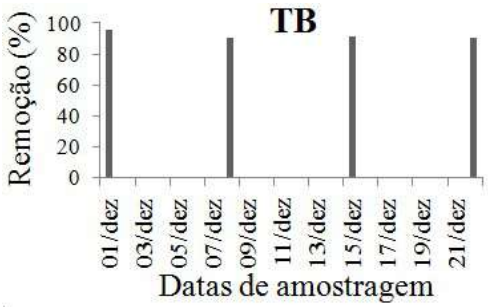


Figura 2. Remoção de turbidez (TB) proporcionada pelo sistema ecológico, no período de 1 a 22 de dezembro de 2010.

A concentração de Demanda Química de Oxigênio (DQO) do efluente no reator solar (ponto 4) oscilou de 150,32 a 310,12 mg L^{-1}, nos quatro dias de amostragem. Constatou-se, ao longo do período experimental, que a DQO atendeu ao limite de 200 mg L^{-1} para lançamento direto de efluente tratado em corpo hídrico receptor (CEARÁ, 2002), somente nos dia 15 e 22 de dezembro de 2010. As remoções de DQO, ao longo do período experimental, foram de 71 a 85%.

Comparando os valores DBO dos efluentes coletados nos pontos 1 e 4, nos quatro dias de amostragem, verificou-se que as remoções desta característica oscilaram de 61 a 87%. Notou-se, ao longo do período experimental, que os valores da DBO foram inferiores ao limite máximo de 120 mg L^{-1} estabelecido pela Portaria n.º 154 do Estado do Ceará para lançamento de esgotos domésticos tratados em corpos hídricos (CEARÁ, 2002) esta apresentado na Figura 3.

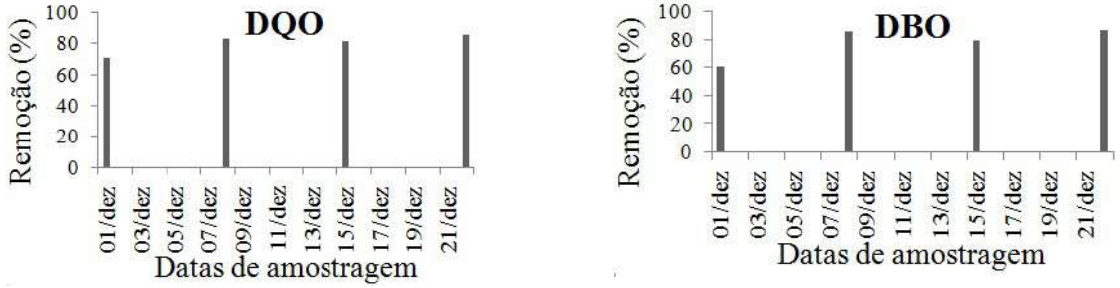


Figura 3. Remoções de Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) proporcionada pelo sistema ecológico, no período de 1 a 22 de dezembro de 2010.

Verificou-se que os valores de sólidos suspensos do efluente do reator solar (ponto 4) oscilaram de 10 a 29 mg L^{-1}.Comparando os valores de sólidos suspensos para os pontos 1 e 4 contataram-se remoções de 90 a 95%. De acordo com a Portaria n.º 154 do Estado do Ceará

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

(CEARÁ, 2002), os resultados de sólidos suspensos foram inferiores ao limite de 50 mg L^{-1} estabelecido para lançamento de efluentes tratados em corpo hídrico.

As concentrações de sólidos totais variaram de 154 a 356 mg L^{-1} para os efluentes coletados no reator solar (ponto 4). Notaram-se, também, remoções de sólidos totais variando de 55 a 83%, ao longo do período experimental, conforme mostrado na Figura 4.

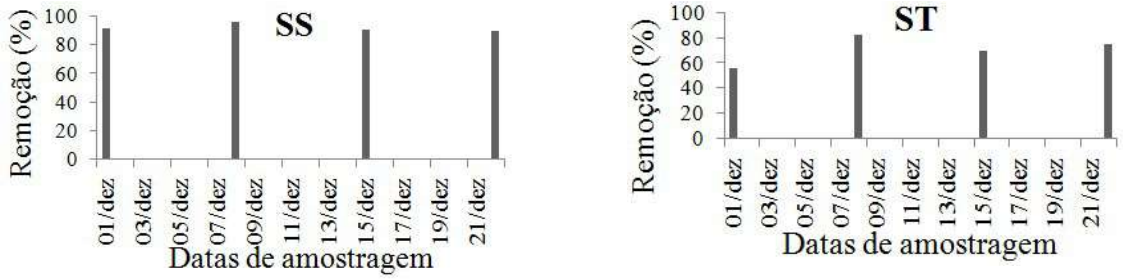


Figura 4. Remoções de sólidos suspensos (SS) e sólidos totais (ST) proporcionada pelo sistema ecológico, no período de 1 a 22 de dezembro de 2010.

As concentrações de fósforo total nos efluentes coletados no ponto 4 oscilaram de 0,81 a 5,41 mg L^{-1}. As remoções de fósforo variaram de 35 a 89%, ao longo do período experimental (Figura 5). O nitrogênio total apresentou variação nas concentrações de 9,90 a 39,25 mg L^{-1} no efluente do reator solar (ponto 4). Estabelecendo comparações entre os pontos 1 e 4, observou-se variação nas remoções de 25 a 84%, ao longo do período experimental.

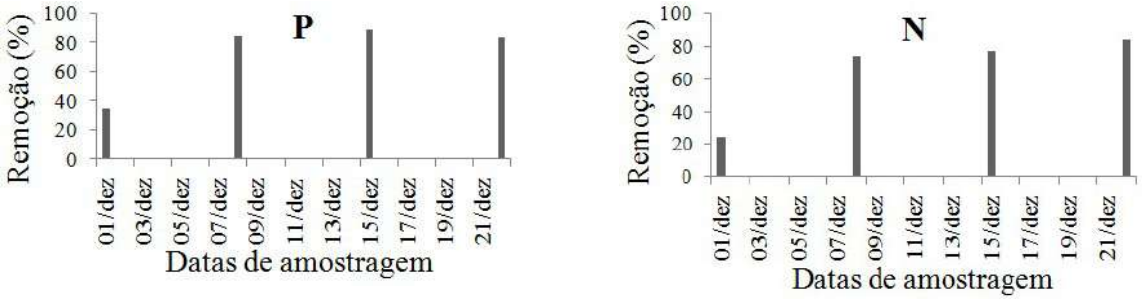


Figura 5. Remoções de fósforo total (P) e nitrogênio total (N) proporcionada pelo sistema ecológico, no período de 1 a 22 de dezembro de 2010.

Os valores de óleos e graxas do efluente do reator solar (ponto 4) apresentaram variação de 0,20 a 2,00 mg L^{-1}. Os resultados obtidos em todo período experimental foram inferiores ao limite de 100 mg L^{-1} estabelecido pela Resolução CONAMA n.º 430 (BRASIL, 2011) para lançamento de efluentes esgotos domésticos tratados em copo hídrico receptor. As remoções de óleos e graxas variaram de 98,9 a 99,8%, ao longo do período experimental. O efluente do reator solar (ponto 4) apresentou valores de nitrato que variaram de 3,19 a 5,36 mg L^{-1}. As remoções de nitrato oscilaram de 0 a 63%, ao longo do período experimental, apresentados na Figura 6.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

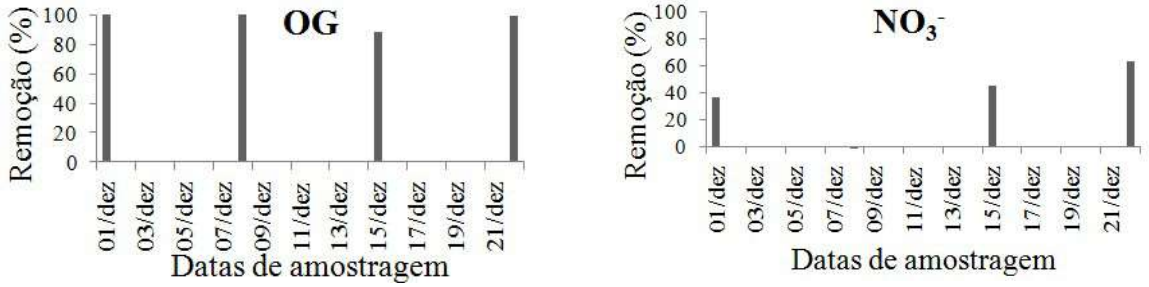


Figura 6. Remoções de óleos e graxas (OG) e nitrato (NO_3^-) proporcionada pelo sistema ecológico, no período de 1 a 22 de dezembro de 2010.

Nas características microbiológicas houve redução no nível populacional de coliformes totais e termotolerantes quando se estabelece comparação entre os pontos 1 e 4, durante o período experimental. As remoções de coliformes totais e termotolerantes variaram de 99,78 a 99,99 e de 97,91 a 99,99%, respectivamente, com radiação solar variando de 18,55 a 29,56 MJ m^{-2} d^{-1} (Tabela 2). De acordo com os limites estabelecidos Portaria n.º 154 do Estado do Ceará (CEARÁ, 2002), o efluente atende as recomendações para reuso da água em culturas não consumidas cruas, onde o nível populacional de coliforme termotolerantes deva ser inferior a 5000 NMP 100 mL^{-1} (Número Mais Provável por 100 mL) conforme apresentado na Figura 7.

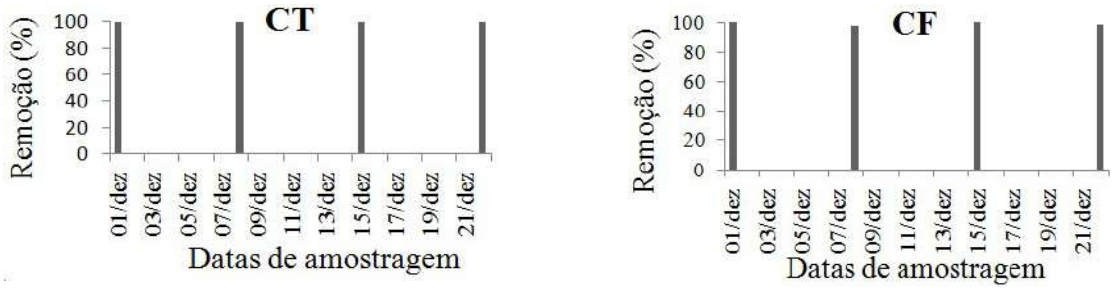


Figura 7. Reduções dos níveis populacionais de coliformes totais (CT) e coliformes termotolerantes (CF) proporcionada pelo sistema ecológico, no período de 1 a 22 de dezembro de 2010.

Os valores de radiação foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para o período experimental, conforme apresentado na Tabela 2. A radiação solar oscilou de 18,55 a 29,56 MJ m^{-2} d^{-1} no período experimental, tendo o valor médio de 25,16 MJ m^{-2} d^{-1}. Como os valores da turbidez na saída do reator solar oscilaram de 26,3 a 41,9 UNT e não houve efeito considerável de aquecimento do efluente, as remoções de coliformes totais e termotolerantes não sofreram interferência da oscilação da radiação solar.

.

Tabela 2. Valores integralizados de radiação global, ao longo do período experimental, do sistema de tratamento de esgoto doméstico.

Data	**Radiação acumulada (MJ $m^{-2}d^{-1}$)**
30/11 a 01/12	28,73
07/12 a 08/12	29,56
14/12 a 15/12	18,55
21/12 a 22/12	23,79
Média	**25,16**

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

A Tabela 3 contém os valores médios e o resumo dos testes estatísticos das características físicas, químicas e microbiológicas do esgoto doméstico nas etapas de tratamento referentes aos pontos 1, 2, 3 e 4.

Pela análise de variância, constatou-se que as características pH, condutividade elétrica, coliformes totais e nitrato não foram significativas a 5% de probabilidade pelo teste F. Enquanto, as características turbidez, coliformes termotolerantes, Demanda Química de Oxigênio, Demanda Bioquímica de Oxigênio, sólidos totais, sólidos suspensos, fósforo, nitrogênio total e óleos e graxas foram significativas a 5% de probabilidade pelo teste F, o que permite a utilização do teste de Tukey para comparação das médias.

Comparando os pontos 1 e 4 do sistema, verificou-se que as características turbidez, coliformes termotolerantes, Demanda Química de Oxigênio, Demanda Bioquímica de Oxigênio, sólidos totais, sólidos suspensos, fósforo, nitrogênio total e óleos e graxas diferem estatisticamente entre si à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 3. Valores médios e o resumo dos testes estatísticos das características físicas e químicas do esgoto doméstico nos pontos de amostragem 1, 2, 3 e 4 do sistema de tratamento de esgoto doméstico.

Característica		**Amostragem**			
	F	**Ponto 1**	**Ponto 2**	**Ponto 3**	**Ponto 4**
Ph	0,17 ^{ns}	7,55	7,40	7,31	7,25
Condutividade elétrica (dS m^{-1})	2,56^{ns}	1,50	1,22	1,20	1,14
Turbidez (UNT)	60,59*	445,23a	285,54^{a}	37,20b	34,78b
Coliformes totais (NMP 100 mL)	87,98*	$7,7x10^{7}$a			$1,7x10^{4}$b
Coliformes termotolerantes (NMP 100 mL)	35,59*	$9,4x10^{5}$a			$9,8x10^{2}$b
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	184,42*	1064,71a			212,34b
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5)	50,04*	523,21a			107,79b
Sólidos totais (mg L^{-1})	121,25*	834,50a	400,50b	255,75b	242,50b
Sólidos suspensos (mg L^{-1})	173,48*	267,00a	88,75b	24,25c	22,00c
Fósforo (mg L^{-1})	16,33*	7,58^{a}			2,14b
Nitrogênio total (mg L^{-1})	30,78*	59,07^{a}			19,56b
Óleos e graxas (mg L^{-1})	93,69*	151,68a			1,03b
Nitrato (mg L^{-1})	5,47 ^{ns}	7,04			4,17

F significativo a 5% de probabilidade. ^{ns} F não-significativo a 5% de probabilidade. Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas linhas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Conclusões

Houve remoção significativa de turbidez, coliformes totais e termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Demanda Química de Oxigênio, sólidos totais, sólidos suspensos, fósforo total, nitrogênio total e óleos e graxas com o uso do conjunto de decanto-digestor com filtros biológicos, sistema alagado construído e reator solar.

Os valores de óleos e graxas e Demanda Bioquímica de Oxigênio atendem as recomendações nacionais para lançamento de esgoto doméstico tratado em corpo hídrico.

A combinação de radiação solar de 25,16 MJ m^{-2} d^{-1}, lâmina de 0,10 m de efluente e tempo de exposição solar de 12 horas em Apodi-RN permitiu remoção de até 99,99% dos coliformes termotolerantes;

O efluente tratado apresenta padrão microbiológico que atende as diretrizes estaduais para fertirrigação de cultivos agrícolas não consumidos crus.

Agradecimentos

À FINEP por ter financiado o desenvolvimento da pesquisa.

Referências

BRASIL. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no

357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasília, 2011. Disponível em:< http://antigo.semace.ce.gov.br/integracao/biblioteca/legislacao/conteudo_legislacao.asp?cd=95>. Acesso em: 03 mar. 2012.

CEARÁ. Portaria n°154, de 22 de julho de 2002. Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras. Disponível em:<http://www.semace.ce.gov.br/biblioteca/legislacao/conteudo_legislacao.asp?cd=95>. Acesso em: 03 mar. 2012.

INTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍCTICA - IBGE. **Pesquisa nacional de saneamento básico 2008**. Rio de Janeiro: MPOG, MC, 2010. 219p.

MATOS, A.T.; FREITAS, W.S.; LO MONACO, P.A.V. Eficiência de sistemas alagados construídos na remoção de poluentes de águas residuárias da suinocultura. **Ambiente & Água**, v.5, n.2, p. 119-132, 2010.

MATOS, A.T. **Disposição de águas residuárias no solo**. Viçosa, MG: AEAGRI, 2007. 140 p. (Caderno didático n. 38).

MINISTÉRIO DAS CICADES. **Transversal**: saneamento básico integrado às comunidades rurais e populações tradicionais: guia do profissional em treinamento. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília: Ministério das Cidades, 2009. 88 p.

MOURA, F. N. BATISTA, R.O.; SILVA, J.B.A.; FEITOSA, A.P.; COSTA, M.S. Desempenho de sistema para tratamento e aproveitamento de esgoto doméstico em áreas rurais do semiárido brasileiro. **Engenharia Ambiental**, v.8, 2011. p. 264-276.

PROCHASKA, C.A.; ZOUBOUSLIS, A.I. Treatment performance variation at different depths within vertical subsurface-flow experimental wetlands fed with simulated domestic sewage. **Desalination,** v.237, p.367-377, 2008.

SANCHES-RAMON, R.; SOARES, A.A.; MATOS, A.T; SEDIYAMA, G.C.; SOUZA, O.; MOUNTEER, H.A. Domestic wastewater disinfection using solar radiation for agricultural reuse. **Transactions of the ASABE**, v.50, p.65-71, 2007.

Revista Brasileira de Geografia Fisica, v.07, n.03 (2014), 434-441.

ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Variabilidade espacial e temporal das precipitações para a Microrregião de Pau dos Ferros-RN

Wesley de Oliveira Santos[1]; Ketson Bruno da Silva[1]; Daniela da Costa Leite Coelho[1]; Karen Mariany Pereira Silva[1]; José Espínola Sobrinho[2]; Paulo Cesar Moura da Silva[3]; Rafael Oliveira Batista[3]

1- Discentes do Programa de Pós Graduação em Manejo de Solo e Água – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFERSA. wesley_ufersa@yahoo.com.br Autor para correspondência.
2- Professor Associado 4, Programa de Pós Graduação em Manejo de Solo e Água – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFERSA. jespinola@ufersa.edu.br
3- professor Adjunto II, Programa de Pós Graduação em Manejo de Solo e Água – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFERSA. paulo.moura@ufersa.edu.br; rafael@ufersa.edu.br

Artigo recebido em 14/05/2014 e aceito em 05/09/2014.

R E S U M O

A precipitação pluviométrica apresenta importância para os estudos climáticos, pois quando ocorrida em excesso, ocasiona implicações para os setores produtivos da sociedade, tanto econômico e social, causando enchentes, assoreamento dos rios, e quedas de barreiras. O presente trabalho teve por objetivo realizar uma análise da variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial média e da máxima média anual, para a microrregião de Pau dos Ferros-RN, por meio de uma geotecnologia, especificamente modelagem espacial. Para realização do processamento dos dados e confecção das cartas foi utilizado o SIG (Sistema de Informação Geográfica), onde os postos meteorológicos dos dezessete municípios foram georreferenciados para projeção cartográfica UTM, DATUM WGS 84, fuso (zona) 24. O método de interpolação utilizado foi o inverso do quadrado da distância (IQD). Para verificar a acurácia da interpolação, foi calculado a raiz do erro quadrático médio (RMSE). O (RMSE) apresentou um valor de 10,6 mm para a precipitação diária média anual, já para a precipitação diária média máxima anual foi 12,8 mm. O conhecimento da variabilidade espacial das precipitações anuais e máximas ao longo da série histórica em estudo permitem auxiliar no manejo das práticas agrícolas e no planejamento de obras de engenharia hidráulica.

Palavras-chaves: precipitação, distribuição, modelagem espacial.

Spatial and temporal variability of precipitation for the Microregion of Pau dos Ferros-RN

ABSTRACT

Rainfall has importance for climate studies, because when it occurs in excess, leads to implications for the productive sectors of society both economic and social, causing flooding, siltation of rivers and landslides. This study aimed to perform an analysis of the variability spatial and temporal of rainfall and average maximum annual average for the micro region of Pau do Ferros-RN, through a geotechnology, specifically spatial modeling. To perform the data processing and manufacturing of the cards was used GIS (Geographic Information System), where the weather stations of the seventeen counties were georeferenced cartographic projection UTM, WGS 84 DATUM, zone (zone) 24. The interpolation method used was the inverse square of the distance (QID). To verify the accuracy of the interpolation, we calculated the root mean square error (RMSE). The root mean square error (RMSE) had a value of 10.6 mm for daily rainfall average annual, as for the daily rainfall average maximum annual was 12.8 mm. The knowledge of the spatial variability of annual rainfall and maximum along the historical series study to assisting in the management of agricultural practices and planning of hydraulic engineering.

Keywords: precipitation, distribution, spatial modeling.

Introdução

A precipitação pluviométrica é considerada uma variável climatológica importante na região semiárida do Brasil, devido principalmente a irregularidade na sua distribuição temporal e espacial, sendo considerada um dos fatores limitantes ao maior desenvolvimento e a estabilização da produção agrícola (Moraes, 2005).

A ocorrência da precipitação é um processo aleatório que não permite uma previsão determinística com grande antecedência, e assim o tratamento dos dados de precipitação para a grande maioria dos problemas hidrológicos é considerado estatístico (Matos, 2006).

No caso do Brasil, essa dependência das condições pluviais é particularmente sentida na Região Nordeste, em sua porção semiárida. O território nordestino é formado por um conjunto de espaços que se caracterizam pelo balanço hídrico negativo, resultantes das precipitações médias anuais serem inferiores a 800 mm, com insolação média de 2.800 h ano^{-1}, temperaturas médias anuais que variam de 23 ºC a 27 ºC, evaporação de 2.000 mm ano^{-1} e umidade relativa do ar média em torno de 50% (Brito et al., 2007).

Segundo Barbosa (2007), a análise de dados ambientais pode ser feita através de estudos de geoestatística ou por meio de modelagem espacial, ambos utilizados como ferramentas em geoprocessamento. A vantagem de se utilizar a modelagem espacial está na promoção dos recursos da visualização na espacialização dos fenômenos, pois a conformação espacial pode resultar em novas leituras dos resultados.

A precipitação pluviométrica apresenta importância para os estudos climáticos, pois ocasiona implicações, quando ocorrida em excesso (precipitação intensa), para os setores produtivos da sociedade tanto econômico e social (agricultura, transporte e hidrologia), causando enchentes, assoreamento dos rios, e quedas de barreiras (Amorim et al., 2008).

Segundo Bergamaschi e Matzenauer (2009), o clima é o principal fator responsável pelas oscilações e frustrações das safras agrícolas brasileiras. Quando se trata da região Nordeste do Brasil, principalmente as secas prolongadas, são as maiores responsáveis pela variabilidade da produção agrícola.

Segundo Wei (2007) e Santos et al., (2010), no meio rural as chuvas intensas e as inundações removem o solo superficial, reduzem sua produtividade, transportam os sedimentos para os corpos hídricos e comprometem sua qualidade e capacidade de armazenamento, enquanto no meio urbano levam à destruição de bens e a perdas humanas. De acordo com Teixeira et al., (2011), para reduzir os efeitos das inundações, obras hidráulicas como vertedores, canais, barragens e sistemas de drenagem, são projetadas com base na vazão máxima, seja observada estatisticamente ou com base no emprego de modelos chuva-vazão (Mello et al., 2003; Damé et al., 2010).

Os impactos negativos que as vazões de enchente causam à sociedade como perdas econômicas, danos ao desenvolvimento e até perdas de vidas humanas, levam a repensar os modelos existentes para planejamento e controle dessas vazões. As estruturas hidráulicas destinadas à contenção do excesso de chuva, como barragens, bacias de contenção e terraços, são projetadas de acordo com uma metodologia que define que para certa precipitação possa ser estimada a vazão máxima de projeto, satisfazendo a segurança desejada e promovendo um projeto economicamente racional (Sampaio, 2011).

O objetivo desse trabalho foi realizar uma análise da variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial média e da máxima média anual, para a microrregião de Pau dos Ferros-RN, por meio de uma geotecnologia, especificamente modelagem espacial.

Material e métodos

Caracterização da Área de Estudo

O território norte-rio-grandense localiza-se, mais precisamente, no hemisfério sul ocidental e seus pontos extremos são limitados pelo paralelo de 4°49'53" de latitude sul e pelo meridiano de 38°36'12" de longitude oeste de Greenwich. O estado do Rio Grande do Norte apresenta uma área de 52.811,047 Km², com uma população de 3.168.027 habitantes e politicamente está dividido em 167 municípios, agrupados em oito zonas homogêneas e dezenove microrregiões (IBGE, 2010).

A microrregião de Pau dos Ferros é formada pelos municípios de Severiano Melo (157.833 Km²), Rodolfo Fernandes (154.840 Km²), Itaú (133.032 Km²), Riacho da Cruz ((127.221 Km²), Tabuleiro Grande (124.094 Km²), São Francisco do Oeste (75.550 Km²), Portalegre (110.052 Km²), Viçosa (37.905 Km²), Francisco Dantas (181.593 Km²), Pau dos Ferros (259.960 Km²), Rafael Fernandes (78.230 Km²), Marcelino Vieira (345.707 Km²), Pilões (82.691 Km²), Alexandria (381.202 Km²), José da Penha (117.634 Km²), Tenente Ananias (37.905 Km²) e Paraná (81.390 Km²), totalizando 2486.842 Km². A Figura 1 representa a divisão da microrregião de Pau dos Ferros.

O tipo climático da microrregião de Pau dos Ferros é sub-úmido com médias pluviométricas entre 800 e 1.200 milímetros de chuvas e segundo a classificação de Koppen seu clima é do tipo tropical chuvoso, com inverno seco e com a estação chuvosa prolongando-se até o mês de julho (IDEMA, 2010).

Os dados pluviométricos diários para a microrregião de Pau dos Ferros foram disponibilizados pela EMPARN – (Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte) no período de 1964 a 2011 (48 anos) sendo organizados com o auxílio de planilhas para obter a precipitação média e a máxima média diária anual ao longo da série histórica estudada para os 17 municípios. A partir de 1991, com o monitoramento pluviométrico assumido pelo setor de Meteorologia da EMPARN, houve um incremento da rede, que conta atualmente com aproximadamente 220 pluviômetros no estado do Rio Grande do Norte (EMPARN, 2012).

Para realização do processamento dos dados e confecção das cartas foi utilizado o SIG (Sistema de Informação Geográfica), onde os postos pluviométricos dos 17 municípios foram georreferenciados para projeção cartográfica UTM, DATUM WGS 84, fuso (zona) 24.

O método de interpolação utilizado foi o inverso do quadrado da distância (IQD) - equação (1) descrita por Mello et al. (2003), que segundo Mazzini e Schettini (2009), esse método pode ser classificado tanto como um interpolador exato como suavizante. Ele faz com que os pesos dos dados sejam avaliados durante o processo de interpolação, de modo que a influência de cada ponto é inversamente proporcional à distância do nó da malha.

$$x_p = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{1}{d_i^2} xi\right)}{\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{1}{d_i^2}\right)} \qquad \text{(Eq.1)}$$

em que: x_p = atributo interpolado; x_i = valor do atributo do i-ésimo ponto de amostragem; d_i = distância euclidiana entre o i-ésimo ponto de vizinhança e o ponto amostrado; e n = número de amostras.

Para verificar a acurácia da interpolação, foi calculada a raiz do erro quadrático médio (RMSE - Root Mean Square Error), conforme a equação (2).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(E_i - O_i)^2} \qquad \text{(Eq. 2)}$$

em que: Ei e Oi são os valores estimados e observados (medidos), respectivamente, e n é o número de observações.

O RMSE é uma medida da magnitude média dos erros estimados, tem valor sempre positivo e quanto mais próximo de zero, maior a qualidade dos valores medidos ou estimados. Segundo Stone (1993), a desvantagem é que bastam alguns poucos valores discrepantes para que ocorra aumento significativo na sua magnitude.

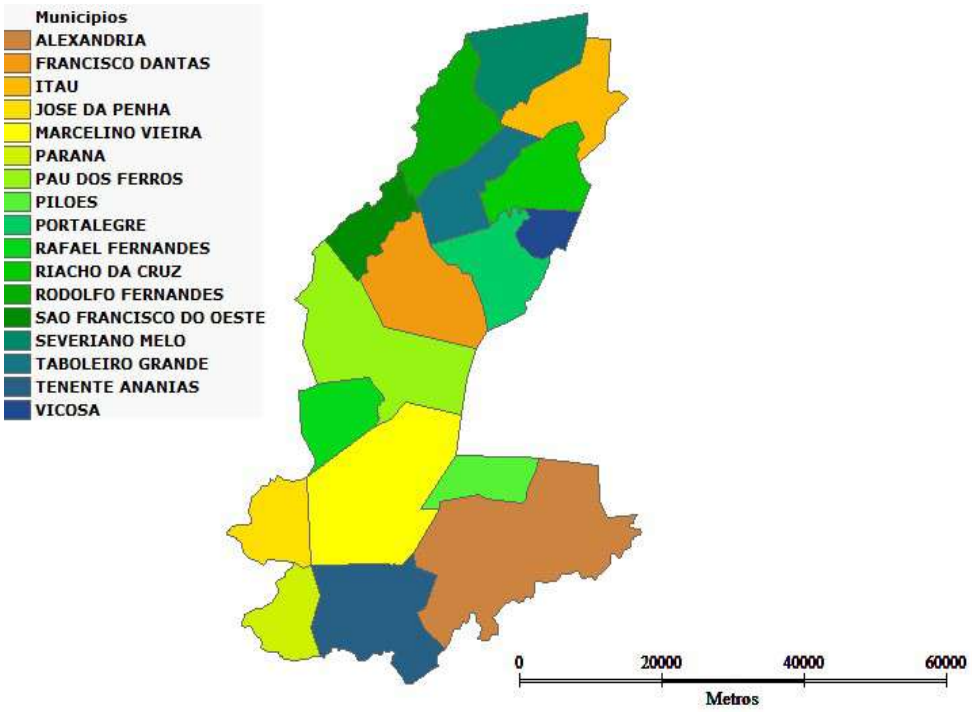


Figura 1. Microrregiões de Pau dos Ferros.
Fonte: software SIG *Terra View 4.2.2*

Resultados e discussão

Em termos climatológicos, uma investigação mais aprofundada sobre o desempenho dos interpoladores mais aplicados ao mapeamento da precipitação precisa ser conduzida, pois os trabalhos desenvolvidos, não demonstram, o melhor ou o mais indicado método de interpolação espacial (Mazzini e Schettini, 2009; Taesombat e Sriwongsitanon, 2009; Viola et al., 2010).

Segundo Alves e Vecchia (2011), em diversos estudos sobre os melhores métodos de interpolação para cada região, um determinado método torna-se o mais apropriado, principalmente, devido à variabilidade espacial.

As Figuras 2 e 3 apresentam a espacialização da precipitação média anual para cada município da microrregião de Pau dos Ferros e a precipitação máxima média durante os 48 anos (1964 a 2011).

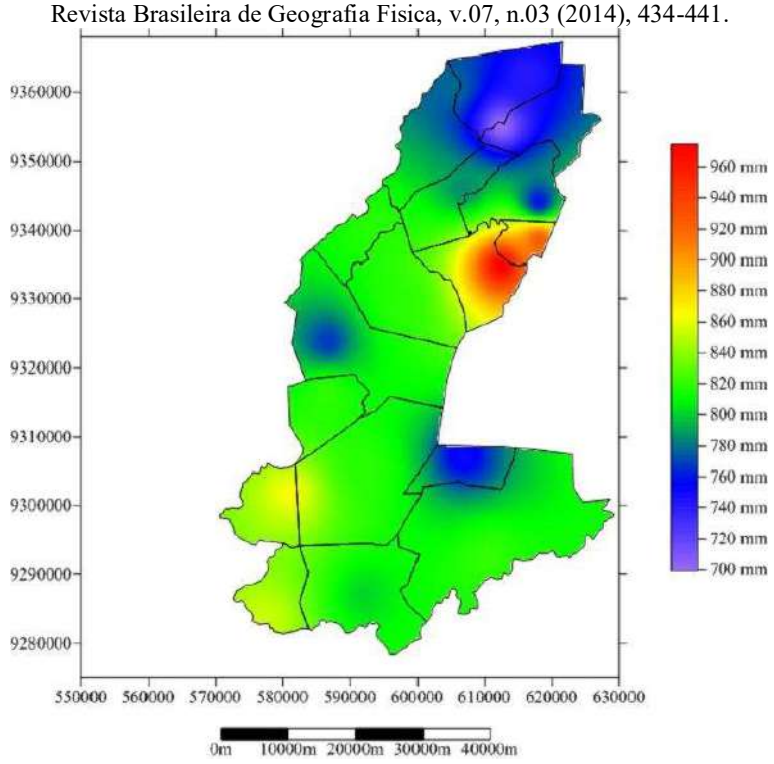


Figura 2. Precipitação média anual para os 17 municípios da microrregião de Pau dos Ferros para a série histórica de 48 anos.

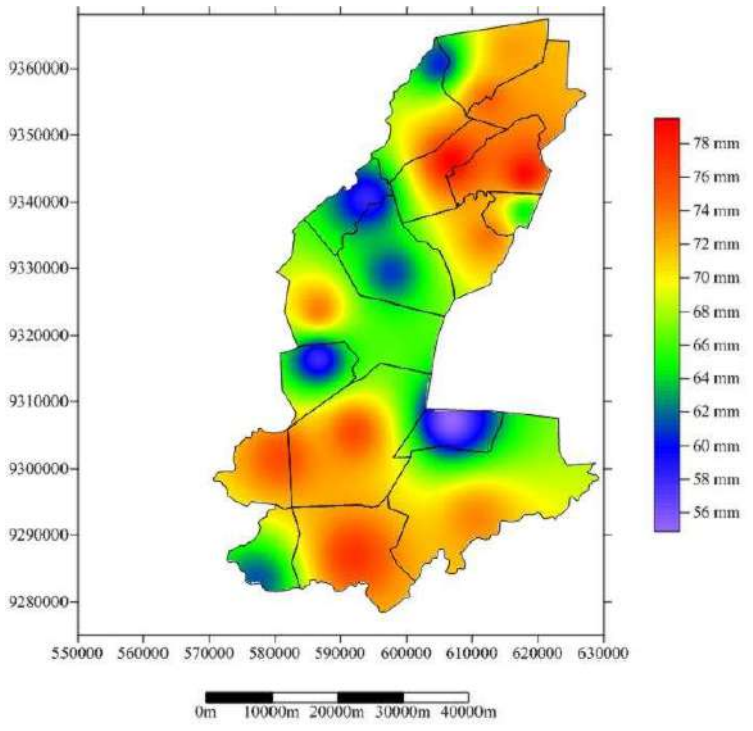


Figura 3. Precipitação máxima média para os 17 municípios da microrregião de Pau dos Ferros para a série histórica de 48 anos.

A Tabela 1 apresenta o resumo da estatística descritiva das precipitações diárias médias anuais e a Tabela 2 apresenta o resumo para as precipitações médias máximas

diárias anuais dos 17 municípios da microrregião de Pau dos Ferros.

Tabela 1. Resumo da estatística descritiva das precipitações diárias médias anuais para a microrregião de Pau dos Ferros.

Precipitação média anual(mm)	
Erro padrão da média	± 16,3
Média	811,1
Mediana	817,3
Desvio padrão	67,3
Variância	4522,7
Amplitude	275,6
Mínimo	699,2
Máximo	974,8

Tabela 2. Resumo da estatística descritiva das precipitações máximas diárias médias anuais para a microrregião de Pau dos Ferros.

Precipitação máxima (mm)	
Erro padrão da média	± 2,1
Média	69,1
Mediana	73,5
Desvio padrão	8,5
Variância	71,7
Amplitude	24,6
Mínimo	54,9
Máximo	79,5

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 1, a precipitação mínima de 699,2 mm refere-se à precipitação que ocorreu no município de Itaú (Figura 2), já a precipitação máxima de 974,8 mm refere-se à precipitação que ocorreu no município de Portalegre (Figura 2). As precipitações apresentaram em média 811,1 mm, com um erro padrão da média de ± 2,1 mm, 50% das precipitações médias apresentam no mínimo 817,3 mm. Em média a precipitação anual se desviou em 67,3 mm em torno dos 811,1 mm que é a precipitação média.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 2, à precipitação mínima refere-se à precipitação que ocorreu no município de Pilões (Figura 3), já a precipitação máxima diária anual refere-se à precipitação que ocorreu no município de Tabuleiro Grande (Figura 3). As precipitações diárias máximas apresentaram em média 69,1 mm, com um erro padrão da média de ± 2,1 mm, 50% das precipitações máximas apresentam no mínimo 73,5 mm. Em média a precipitação máxima diária anual se desviou em 8,5 mm em torno dos 69,1 mm da precipitação média.

As precipitações diárias máximas apresentaram em média 69,1 mm, com um erro padrão da média de ± 2,1 mm, 50% das precipitações máximas apresentam no mínimo 73,5 mm. Em média a precipitação máxima diária anual se desviou em 8,5 mm em torno dos 69,1 mm da precipitação média.

A raiz do erro quadrático médio (RMSE) apresentou um valor de 10,6 mm para a precipitação diária média anual, já para a precipitação diária média máxima anual foi 12,8 mm, apresentado assim melhor resultado para a precipitação diária média anual, pois

Segundo Amorim et al. (2008), num estudo com dois métodos de espacialização (inverso do quadrático da distância e mínima curvatura) da precipitação pluvial para o estado de Alagoas, o inverso do quadrático da

distância foi o método que apresentou os melhores resultados.

Alves e Vecchia (2011), ao realizarem um estudo tentando abranger os principais métodos de interpolação encontrados na literatura para a precipitação pluvial anual no Estado de Goiás, tais como o inverso do quadrático da distância, krigagem, mínima curvatura e triangulação, verificaram que o método da mínima curvatura apresentou a melhor acurácia, com os menores valores residuais, seguido do método do inverso quadrático da distância que apresentou menor (RMSE). Segundo estudos de análise de técnicas de interpolação para espacialização da precipitação pluvial na bacia do rio Itapemirim/ES realizados por Junior et al. (2012) para as precipitações médias mensais no período de 1972 a 2002 o interpolador krigagem com modelo de semivariograma esférico, seguido do inverso do quadrado da distância apresentaram melhor acurácia.

Segundo estudos de análise de técnicas de interpolação para espacialização da precipitação pluvial na bacia do rio Itapemirim/ES realizados por Junior et al. (2012) para as precipitações médias mensais no período de 1972 a 2002 o interpolador krigagem com modelo de semivariograma esférico, seguido do inverso do quadrado da distância apresentaram melhor acurácia.

Considerações finais

O interpolador do inverso do quadrado da distância mostrou-se bastante eficaz para especializar a precipitação pluviométrica da microrregião de Pau dos Ferros. A utilização inadequada de um método para a interpolação pode provocar ineficiências na espacialização da variável climatológica precipitação pluviométrica para um local pretendido, se antes não for verificada a sua eficácia.

O conhecimento da variabilidade espacial das precipitações anuais e máximas ao longo da serie histórica em estudo permitem auxiliar no manejo das práticas agrícolas e no planejamento de obras de engenharia hidráulica.

Agradecimentos

A EMPARN, CAPES e a UFERSA pela concessão de recursos para o desenvolvimento desta pesquisa.

Referências

Amorim, R. C. F.; Ribeiro, A.; Leite, C. C.; Leal, B. G.; Silva, J. B. G. Avaliação do desempenho de dois métodos de espacialização da precipitação pluvial para o Estado de Alagoas. Acta Scientiarum. Technology, v.30, n. 1, p. 87-91, 2008.

Alves, E. D. L.; Vecchia, F. A. S.; Análise de diferentes métodos de interpolação para a precipitação pluvial no Estado de Goiás. Acta Scientiarum. Human and Social Sciences, v.33, n. 2, p. 193-197, 2011.

Barbosa, J. P. M. Mudanças climáticas e distribuição espacial da precipitação na Serra do Mar – Análise a partir de séries históricas de precipitação e sistemas de informação geográfica (sig). Caminhos de Geografia. Uberlândia-MG. v.8, n. 22, p. 67-81. 2007

Bergamaschi, H; Matzenauer, R. Milho. In: Agrometeorologia dos Cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola. MONTEIRO, José Eduardo B. A. (Org.). Brasília, DF: INMET, 2009.

Damé, R. C. F.; Teixeira, C. F. A.; Terra, V. S. S.; Rosskoff, J.L.C. Hidrograma de projeto em função da metodologia utilizada na obtenção da precipitação. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, p.46-54, 2010.

Silva. A. De S.; Brito, L. T. De L.; Rocha, H. M. Potencialidades da água de chuva no semi-árido brasileiro. Petrolina-PE: Embrapa Semi-Árido, 2007.

EMPARN - Setor De Meteorologia Da EMPARN: 20 anos de serviços prestados à sociedade norteriograndense, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2010. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/>.

IDEMA. Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte. Disponível em: http://www.idema.rn.gov.br.

Junior, B. S. G.; Magalhães, I. A. L.; Freitas, C. A. A. De; Cecílio, R. A. Análise de técnicas de interpolação para espacialização da precipitação pluvial na bacia do rio Itapemirim (ES). Ambiência Guarapuava (PR) v.8 n.1 p. 61 - 71 Jan./Abr. 2012.

Matos, J. E. R. Chuvas intensas na Bahia: equações e metodologias de regionalização. Salvador: EDUFBA, 2006. 296p.

Mazzini, P. L. F.; Schettini, C. A. F. Avaliação de metodologias de interpolação espacial aplicadas a dados hidrográficos costeiros quase sinóticos. Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology, v.13, n. 1, p. 53-64, 2009.

Mello, C. R.; Silva, A. M.; Lima, J. M.; Ferreira, D. F.; Oliveira, M. S. Modelos matemáticos para predição da chuva de projeto para regiões do Estado de Minas Gerais. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, p.121-128, 2003.

Mello, C. R.; Lima, J.M.; Silva, A. M.; Mello, J. M.; Oliveira,M. S. 2003. Krigagem e Inverso do Quadrado da Distancia para Interpolação dos Parâmentros da Equação de Chuvas Intensas. Revista. Brasileira de Ciência do Solo, V.27, p. 925-933.

Moraes, B. C. et al. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. Acta Amazonica. V.35 (2), p. 207-214. 2005.

Sampaio. M. V.; Espacialização dos coeficientes das equações de chuvas intensas em bacias hidrográficas do rio grande do sul. 2011. 156 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Água e Solo) - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), RS, 2011.

Santos, G. S.; Nori, P. G. Oliveira, L. F. C. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, p.115-123, 2010.

Stone, R. J. Improved statistical procedure for the evaluation of solar radiation estimation models. Solar Energy, v. 51, n. 4, p. 289-291, 1993.

Teixeira, C. F. A.; Damé, R. De C. F.; Siqueira, G. Do A.; Bacelar, L. C. S. D. Vazão máxima de projeto: Metodologia para dimensionamento de bueiros em áreas agrícolas. Teoria e Prática na Engenharia Civil, n.17, p.49-56, 2011.

TerraView 4.2.2. São José dos Campos, SP: INPE, 2010. Disponível em: <www.dpi.inpe.br/terraview.> Acesso em: 02 mai. 2013.

Wei, W.; Chen, L.; Fu, B.; Huang, Z.; Wu, D.; Gui, L. The effect of land uses and rainfall regimes on runoff and soil erosion in the semi-arid loess hilly area, China. Journal of Hydrology, v.335, p.247-258, 2007.

ISSN 1807-1929
Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental
v.19, n.2, p.186–193, 2015
Campina Grande, PB, UAEA/UFCG – http://www.agriambi.com.br

DOI: http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n2p186-193

Zona de manejo para preparo do solo na cultura da cana-de-açúcar

Francisco X. de Oliveira Filho[1], Neyton de O. Miranda[2], José F. de Medeiros[3], Paulo C. M. da Silva[4], Francisco O. Mesquita[5] & Thiago K. G. Costa[6]

Palavras-chave:
Saccharum ssp.
resistência do solo à penetração
geoestatística
penetrômetro

R E S U M O

A compactação do solo influencia todas as fases de desenvolvimento das culturas, porém, em muitas áreas com baixa produção de cana-de-açúcar são ignorados valores críticos e efeitos da compactação do solo, razão por que é importante conhecer a localização e a intensidade da compactação do solo, para descompactá-lo. Neste sentido o trabalho visou aplicar três critérios para delinear zonas de manejo da compactação do solo: camada onde se iniciam valores de resistência à penetração críticos para o crescimento da cana-de-açúcar; índice de cone da camada de 0-40 cm e profundidade na qual ocorre a máxima resistência à penetração. A amostragem foi realizada em malha com 113 pontos espaçados 100 m, georreferenciados por um Sistema de Posicionamento Global, determinando-se a resistência do solo à penetração em oito camadas de 5 cm de profundidade, o índice de cone e a profundidade da máxima resistência por meio de penetrômetro com sistema automático de medição. A interpolação por krigagem foi usada para estimar valores para locais não amostrados permitindo a confecção de mapas de isovalores e a definição de quatro regiões no campo para realizar a subsolagem, de forma localizada.

Key words:
Saccharum ssp.
soil penetration resistance
geostatistics
penetrometer

Management zones for subsoiling of a sugarcane field

A B S T R A C T

Soil compaction influences all stages of crop growth, but in many low yield sugarcane fields critical levels and effects of soil compaction are ignored. Therefore, identifying localization and intensity of compaction are very relevant for descompactation of soil. In this context, this study aimed to apply three criteria for delineating zones for soil compaction management: soil layer where first appear values of soil penetration resistance considered critical for sugarcane growth; cone index for 0-40 cm layer, and depth of occurrence of maximum soil penetration resistance. Sampling was carried out in a grid with 113 points spaced at 100 m, georeferenced by means of a Global Positioning System receiver. Soil penetration resistance in eight layers of 5 cm depth, cone index and depth of occurrence of maximum penetration resistance were determined from data gathered by an automatic measuring penetrometer. Estimative of non-sampled values were obtained by means of kriging interpolation, which allowed drawing of contour maps and the definition of four regions in the field for site specific subsoiling.

Protocolo 015.14 – 17/01/2014 • Aprovado em 12/09/2014 • Publicado em 01/02/2015
[1] DCAT/UFERSA. Mossoró, RN. E-mail: fxavierf@ufersa.edu.br (Autor correspondente)
[2] DCAT/UFERSA. Mossoró, RN. E-mail: neyton@ufersa.edu.br
[3] DCAT/UFERSA. Mossoró, RN. E-mail: jfmedeir@ufersa.edu.br
[4] DCAT/UFERSA. Mossoró, RN. E-mail: paulo.moura@ufersa.edu.br
[5] Doutorando em Manejo de Água e Solo/UFERSA. Mossoró, RN. E-mail: mesquitaagro@yahoo.com.br
[6] Estudante de Engenharia Agrícola/UFERSA. Mossoró, RN. E-mail: thiago_costa_@live.com

Introdução

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) da família Poaceae (Gramínea), uma das culturas mais importantes do mundo, é típica de climas tropicais e semitropicais e a principal matéria-prima para a fabricação de açúcar e álcool (etanol), sendo importante fonte de renda, geração de empregos e desenvolvimento (Camargo et al., 2010; Kirubakaran et al., 2013).

O sistema radicular da cana se desenvolve em maior profundidade que outras culturas, principalmente anuais, por ser semiperene, com ciclo de cinco a sete anos. Este sistema é formado por rizomas e raízes fasciculadas, das quais 85% se encontram na camada de 50 cm de profundidade e 60% na camada de 20 a 30 cm. Por isso, a cana-de-açúcar é uma das culturas mais afetadas pela compactação do solo (Lima et al., 2013; Oliveira et al., 2013).

No Nordeste do Brasil a cana-de-açúcar ocupa grande área de Tabuleiros Costeiros, onde topografia, profundidade e textura do solo favorecem o cultivo. Entretanto, várias operações mecanizadas realizadas em pouco tempo submetem esses solos a elevadas pressões em condições de umidade favoráveis à degradação física aumentando a compactação (Pacheco & Cantalice, 2011).

A compactação, uma das principais causas da degradação do solo (Ralisch et al., 2008; Roque et al., 2010), oferece séria restrição ao desenvolvimento das plantas e é devida sobretudo ao uso intenso de máquinas e implementos agrícolas (Lima et al., 2013) cada vez maiores e mais pesados na agricultura atual (Reichert et al., 2009).

Camadas subsuperficiais compactadas por pressões externas de máquinas agrícolas têm maior densidade e menor porosidade do que o solo acima ou abaixo delas e apresentam grande variabilidade em profundidade e espessura, tanto de campo para campo e dentro do mesmo campo (Gorucu et al., 2006).

Um dos parâmetros mais utilizados para avaliar a intensidade da compactação do solo é a resistência do solo à penetração (RSP), relacionada a diversos atributos do solo indicadores do grau de compactação, como textura, que influencia o comportamento do solo submetido a pressões externas. A RSP, medida por meio de penetrômetros, indica a resistência exercida pelo solo à penetração de uma ponta cônica e pode simular a resistência que o solo oferece à penetração das raízes (Almeida et al., 2012; Molin et al., 2012; Campos et al., 2013; Lima et al., 2013).

A subsolagem é utilizada para romper camadas de solo agrícola que sofreram compactação e minimizar seus efeitos. Em geral, antes de novo plantio as usinas de cana utilizam escarificador/subsolador, de forma homogênea no campo, mesmo onde não é necessário. Como a operação possui alto consumo de energia e custo, somente é necessária se existir camada impeditiva ao fluxo de água e/ou desenvolvimento das raízes. O ideal é realizá-la apenas em áreas com resistência à penetração maior ou igual ao valor crítico e se forem conhecidas a localização e a espessura da camada compactada (Silva et al., 2004).

As operações de subsolagem têm aumentado sem haver estudos para evitar sua realização à profundidade inadequada ou em solos nos quais seja desnecessária. Para isso, é necessário uma metodologia para estabelecer a carência de subsolagem e localizar a profundidade da camada compactada. Usar o valor máximo de RSP para determinar a profundidade de preparo pode não ser suficiente para a remoção completa da camada compactada. Por outro lado, estipular valor crítico da resistência à penetração limitante para a cultura e analisar o gráfico de RSP, à procura de valores iguais ou superiores a ele, permitem localizar e determinar a espessura da camada compactada e propor a profundidade ótima de preparo do solo (Silva et al., 2004).

Existem métodos que determinam o volume de solo a ser mobilizado em função da resistência crítica à penetração: o probabilístico utiliza técnicas estatísticas, o determinístico calcula a porcentagem do volume de solo a ser mobilizado e sua distribuição espacial e o geoestatístico possibilita a subsolagem localizada, mediante a confecção de mapas de isovalores de resistência à penetração nos quais são delineadas zonas para manejo localizado, possibilitando subsolar apenas as áreas que necessitam (Gorucu et al., 2006; Salvador et al., 2008).

Objetivou-se com este trabalho aplicar três formas de delineamento de zonas de manejo em relação à compactação do solo, quais sejam, camadas do solo apresentando RSP considerada crítica para o desenvolvimento da cana-de-açúcar, índice de cone na camada de 0 a 40 cm e profundidade da máxima resistência do solo à penetração (RSP).

Material e Métodos

O estudo foi realizado no ano de 2013, na Usina Vale Verde, em Baía Formosa, RN, localizada a 6° 22' 23" de latitude sul e 35° 0' 34" longitude oeste. O clima é do tipo As, pela classificação de Köppen-Geiger, ou seja, tropical chuvoso com estação seca e um período de chuvas compreendido nos meses de janeiro a agosto, temperatura média anual de 27,5 °C e pluviosidade média de 1.625,2 mm ano^{-1}.

A área de estudo foi a Fazenda Casqueira (Figura 1A), cultivada com cana-de-açúcar, com área de 113,59 ha subdividida em 12 talhões (Figura 1B); nela foi gerada malha amostral com 50 m a partir da borda do perímetro e 100 m entre pontos, totalizando 113 pontos distribuídos regularmente, um por hectare. A malha com pontos amostrais foi georreferenciada em coordenadas UTM, Datum Horizontal WGS 84, Zona 25 Sul, por meio de aparelho GPS com precisão média de 5 m.

A área possui 12 talhões de 10 ha, com exceção de três deles, cuja área varia de 7,2 a 8,3 ha. Além disto, havia variação em datas de plantio com seis talhões em janeiro e fevereiro de 2010, três em maio de 2006 e três em julho de 2002. As variedades cultivadas eram RB867515, em cinco talhões, SP832847, em três, RB92579, em dois, além de RB931011 e RB962962, em um talhão. Essas variações são inerentes à programação agrícola da Empresa devendo-se ressaltar que por ocasião das coletas de dados a cultura estava em início de crescimento para a safra 2012-2013.

Os solos da área experimental foram classificados como Latossolo Amarelo, Argissolo Amarelo e Neossolo Quartzarênico cujos valores de algumas características da área estudada constam na Tabela 1.

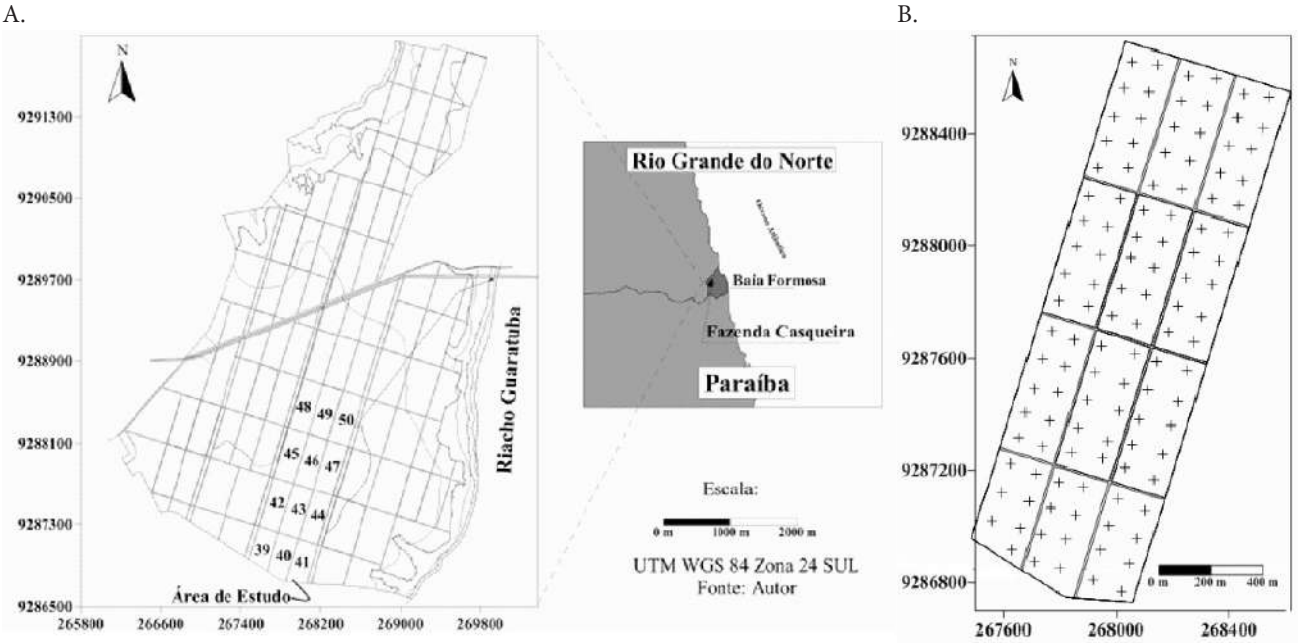


Figura 1. Área da Usina Vale Verde com a delimitação dos talhões estudados (A) e o Grid dos pontos amostrais georreferenciados (B)

Tabela 1. Características físicas do solo da área estudada (médias ± erro padrão) na Fazenda Casqueira, separadas por camada amostrada

Camada (cm)	Densidade (kg dm^{-3})		Porosidade (m^3 m^{-3})		Umidade (kg kg^{-1})	
	Dp	Ds	P_{tot}	MIC	MAC	
0-5	2,65 ± 0,01	1,49 ± 0,02	0,44 ± 0,01	0,37 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,05 ± 0,00
5-10	2,65 ± 0,01	1,50 ± 0,02	0,43 ± 0,01	0,37 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,00
10-15	2,65 ± 0,01	1,51 ± 0,02	0,43 ± 0,01	0,37 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,00
15-20	2,65 ± 0,01	1,51 ± 0,02	0,43 ± 0,01	0,37 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,00
20-25	2,65 ± 0,01	1,52 ± 0,02	0,43 ± 0,01	0,37 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,00
25-30	2,65 ± 0,01	1,52 ± 0,02	0,43 ± 0,01	0,37 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,00
30-35	2,65 ± 0,01	1,52 ± 0,02	0,43 ± 0,01	0,37 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,00
35-40	2,65 ± 0,01	1,52 ± 0,02	0,43 ± 0,01	0,37 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,00
Camada (cm)	Ds		Areia		Silte	Argila
	(kg dm^{-3})		(%)			
0-5	1,49 ± 0,02		79,23 ± 0,42		6,76 ± 0,42	14,01 ± 0,39
5-10	1,50 ± 0,02		79,29 ± 0,42		6,72 ± 0,48	14,00 ± 0,42
10-15	1,51 ± 0,02		77,20 ± 0,42		6,52 ± 0,46	16,28 ± 0,42
15-20	1,51 ± 0,02		76,87 ± 0,42		6,52 ± 0,46	16,61 ± 0,42
20-25	1,52 ± 0,02		76,87 ± 0,42		6,52 ± 0,46	16,61 ± 0,42
25-30	1,52 ± 0,02		76,87 ± 0,42		6,52 ± 0,46	16,61 ± 0,42
30-35	1,52 ± 0,02		76,87 ± 0,42		6,52 ± 0,46	16,61 ± 0,42
35-40	1,52 ± 0,02		76,87 ± 0,42		6,52 ± 0,46	16,61 ± 0,42

Dp = Densidade de partícula; Ds = Densidade do solo; P_{tot} = Porosidade total; MIC = Microporosidade; MAC = Macroporosidade

A RSP foi determinada por meio de penetrômetro marca Falker, modelo SoloStar PLG 5500, montado em quadriciclo a gasolina, marca Shineray, modelo XY 250-STVI. O penetrômetro dotado de sistema automático de medição de resistência à penetração tem as seguintes características: velocidade nominal de inserção de 3,0 m s^{-1}; resolução da medida de profundidade configurado para 5 cm; profundidade máxima de penetração de 40 cm; protocolo de comunicação com GPS NMEA 0183; cone número 3, com diâmetro de 7,94 mm, índice de cone máximo de 15,1 MP, resolução de 0,020 MPa. O cone e a haste do penetrômetro se adequam à norma da ASAE (2004).

As variáveis determinadas foram a RSP, em oito camadas de cinco centímetros de profundidade (RSP_{0-5}; RSP_{5-10}; RSP_{10-15}; RSP_{15-20};RSP_{20-25}; RSP_{25-30}; RSP_{30-35}; RSP_{35-40}), as camadas em que se iniciam a RSP crítica e o Índice de Cone (IC) de 0 a 40 cm. A cada quatro leituras de RSP, simultaneamente à leitura do penetrômetro, retiraram-se amostras de solo nas camadas de 0-10, 10-20 e de 20-30 cm de profundidade, para determinar o teor de água do solo após secagem em estufa, por 24 h a 105 °C.

As variáveis foram analisadas por meio da estatística descritiva, sendo calculados máximo e mínimo e coeficiente de variação (CV), este último classificado por Warrick (1998) como baixo, se menor que 15%; médio, entre 15 e 50% e alto acima de 50%. O ajuste à distribuição normal foi verificado pelo Teste Shapiro-Wilk a 5% de probabilidade. O teste t para dados pareados foi utilizado para comparar a RSP entre camadas amostradas. O teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade foi utilizado para comparar teores de umidade entre talhões e entre profundidades.

A existência de correlação entre RSP e teor de água no solo foi verificada por meio do coeficiente de correlação de Pearson quando as variáveis se ajustaram à distribuição normal e pelo coeficiente de correlação de Spearman, para dados não ajustados à normalidade (Stenger et al., 2002).

A geoestatística foi utilizada para analisar a existência de dependência espacial das variáveis; para tal, foram elaborados semivariogramas nos quais a semivariância (γ(h)) foi estimada pela Eq. 1.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N_i(h)} \sum_{j=1}^{N_i(h)} \left[z(s_i) - z(s_i + h) \right]^2 \qquad (1)$$

em que: N(h) é o número de pares de pontos z(si) e z (si + h) separados por distância h.

O ajuste do modelo matemático para os semivariogramas de cada variável forneceu os parâmetros: Efeito Pepita (C_0), Patamar (C_0 + C) e Alcance (A). O efeito pepita, tomado como percentagem do patamar, foi utilizado para determinar o grau de dependência espacial das variáveis (Cambardella et al., 1994) que é classificado como forte (< 25%); moderado (26 a 75%) ou fraca (> 75%).

A estimativa de valores de RSP para os locais não amostrados foi realizada por interpolação dos valores de 106 pontos amostrados, pelo método de krigagem, também

empregado por Santos et al. (2012) e Campos et al. (2013), que utilizam as informações de variabilidade espacial e os parâmetros do semivariograma, possibilitado a confecção de mapas de isovalores.

Esta técnica, segundo Camargo (1998) considera uma superfície sobre a qual se observa alguma propriedade do solo, Z, em n pontos distintos, com coordenadas representadas pelo vetor x. Assim, tem-se um conjunto de valores {z(xi), i = 1, ..., n}, onde xi, identifica uma posição em duas dimensões representada pelos pares de coordenadas (xi, yi). Supondo-se que se objetive estimar o valor de Z no ponto X_0, o valor desconhecido de $Z(x_0)$ pode ser estimado a partir de combinação linear dos n valores observados, adicionado a um parâmetro, λ_0, conforme Eq. 2.

$$Z^*_{x_0} = \lambda_0 + \sum_{i=1}^{n} \lambda_i Z(X_i) \qquad (2)$$

As formas de delineamento de zonas de manejo da compactação do solo foram: início da camada de solo apresentando RSP crítica para o desenvolvimento da cana-de-açúcar; índice de cone na camada de 0 a 40 cm e profundidade da máxima resistência do solo à penetração (RSP). A RSP crítica de 4,0 MPa foi utilizada visto que, conforme Ribeiro (2010), valores acima deste causam impedimento ao desenvolvimento das raízes da cana-de-açúcar. O critério de validação dos mapas modelados foi a soma dos quadrados dos desvios com relação ao valor amostrado frente ao valor modelado em cada um dos pontos de coleta.

Resultados e Discussão

As médias da resistência do solo à penetração, apresentadas na Tabela 2, diferem entre talhões e entre camadas. Analisando o Índice de Cone (IC_{0-40}) por talhão verifica-se que a menor média (3,34 MPa), considerada moderada por Ribeiro (2010) e o menor valor máximo (5,81 MPa) ocorreram no talhão 45, pouco inferiores ao talhão 48 enquanto que a maior média (6,16 MPa), considerada alta e o valor máximo (9,97 MPa) ocorreram no talhão 47; o talhão 42 apresentou IC inferior apenas ao talhão 47 mas sua RSP máxima foi a quinta maior indicando que a distribuição da compactação entre as camadas também difere entre talhões. Levando em conta apenas essas diferenças já se poderia considerar cada talhão como zona de manejo na qual se pode adotar manejo diferenciado daquele utilizado de forma homogênea na área.

Tabela 2. Valores médios da resistência do solo à penetração (RSP) por talhão

pt nTEá	m2çVçê×*Vl 0á çámá +à2x2êât 5Eá1mo l (i l t)					rt máú íéVu á
	l ãá4Mk0V0t 02ç (*u)					
	A1CA	CA1DA	DA1l A	l A1MA	A1MA- -	
7a	6Ø5*	±Ø8*	*24M	*2*5	928M	*2*9
84	62Ø7	*2*9	M247	9275	9294	a289
85	62±9	*25±	*2*7	*29±	92M*	*2M7
86	62*7	*2M8	*298	*278	92a6	MØ54
87	5298	92a6	*29±	MØ88	9284	a2*6
88	5297	82aa	±247	M2*a	82a5	a244
89	52ØM	62a9	82Øa	92±*	7278	92M5
8±	6274	82**	±26±	±29*	82±M	*25±
8*	6Ø57	±2*4	MØ84	a275	±25±	a2*a
8M	42aM	72Ø6	92*8	±284	72*8	±2*M
8a	725±	±274	92a9	±247	9255	±2M4
94	7244	*26*	±2a5	9259	9274	*29*
%Í UfP 1	624a	92a±	±2M5	*246	9246	*2aa

*Média fornecida pelo Sistema SoloStar (acompanha o penetrômetro PLG 5500); ** IC = Índice de cone

A divisão do campo em classes homogêneas é passo importante na evolução do manejo uniforme para o localizado. Nesta divisão se utilizam, como critérios, atributos químicos e físicos do solo e produtividade. A RSP e a textura são critérios agronômicos considerados estáveis. Neste sentido cada classe de manejo recebe o mesmo tratamento ou dose e possui diversas zonas de manejo ao longo do campo. Os custos de dividir o campo em classes de manejo compensam se houver diferença em resposta agronômica entre elas e praticabilidade do manejo variável (Taylor et al., 2007; Bazzi et al., 2013).

Analisando a RSP por camada em cada talhão (Tabela 2) observa-se a existência de camadas com maiores valores de RSP, cada uma medindo, em geral, de 10 a 20 cm; na maioria dos talhões essas camadas se localizam entre 25 e 40 cm de profundidade, com exceção dos talhões 40 (15 a 25 cm), 42 (10 a 25 cm), 49 (5 a 15 cm) e 50 (10 a 30 cm). Essas exceções também podem caracterizar zonas de manejo de vez que o preparo do solo poderia ser realizado a menores profundidades do que no restante da área. Gorucu et al. (2006) confirmaram ser possível determinar espessura e profundidade da camada compactada a partir de dados de penetrômetro e observaram grande variação não relacionada ao teor de água no solo, na profundidade e espessura da camada compactada (4 a 25 cm) tal como na profundidade ótima de preparo (25 a 45 cm).

Analisando o conjunto dos dados de RSP do campo, além das amplitudes consideráveis, os coeficientes de variação das variáveis analisadas são considerados médios, com exceção da RSP das camadas situadas entre 0 e 20 cm e da umidade do solo na camada de 0 a 10 cm (Tabela 3). O ajuste dos dados à normalidade não foi observado para o índice de cone nem para a profundidade de RSP máxima. Segundo Camargo et al. (2010), quando os valores dos atributos apresentam alta variabilidade seus valores médios podem não representar o comportamento em toda a área e a análise espacial se torna

Tabela 3. Estatística descritiva da resistência do solo à penetração e do teor de água no solo das diferentes camadas amostradas na área de estudo

rtãV v2n	i 60Vt	i NtVu á	i íéVu á	[9]dr (%)	[1]os
[5]) ($_{439}$-%(P0	42a8 e	42Ø8	72Ø5	*92Ø4	425±Ø4
) ($_{9354}$-%(P0	72Ø7Mc	42Ø8	MØ±5	±82Ø4	425644
) ($_{54359}$-%(P0	92Ø5 b	42Øa	572*±	98Ø4	425744
) ($_{59364}$-%(P0	92±7 U	52Ø6	582M±	99Ø4	425644
) ($_{64369}$-%(P0	±Ø64 S	52Ø9	582Ø4	88Ø4	42Øa44
) ($_{69374}$-%(P0	±2*7 R	62Ø5	562Ø*	7MØ4	42Ø±44
) ($_{74379}$-%(P0	*2Ø5 P	52±6	582Ø5	7±Ø4	42Ø*44
) ($_{79384}$-%(P0	*2Ø9 P	52±5	582Ø6	7aØ4	42Ø±44
éd$_{4384}$-%(P0	92Ø5	52±M	a2MM	762M9	42Ø484
[8]( ) C($_{g\ t\ o}$Sg	6MØMM	92Ø4	842Ø4	782M7	42Ø445
l g fUPUb$_{4354}$-, 0	82*±	42Ø9	562ØM	9*Ø67	425a44
l g fUPUb$_{54364}$-, 0	92a7	42Ø4	552*7	892±5	425544
l g fUPUb$_{64374}$-, 0	±2a±	52M4	562±8	7MØ±5	427a44

[1]Resistência à penetração; [2]Coeficiente de variação; [3] Nível de significância do teste Shapiro-Wilk = Ajustam-se à distribuição normal as variáveis com Pr > 0,05; [4] Profundidade da máxima RP; Médias de camadas seguidas de letras diferentes diferem pelo teste t para dados pareados a 0,05 de significância

importante para planejar, de forma localizada, as ações de manejo.

A resistência do solo à penetração aumentou com a profundidade, com diferenças significativas entre camadas pelo teste t ($p < 0,01$), com exceção das camadas de 30 a 35 e 35 a 40 cm, que não diferiram (Tabela 3). O aumento da resistência à penetração com a profundidade também foi constatado em estudo da compactação do solo em diferentes sistemas de cultivo (Pereira et al., 2002) e considerado característica de solos com altos teores de areia. Valores menores que os obtidos neste trabalho foram relatados por Lima et al. (2013) que, usando dois tipos de penetrômetro, obtiveram 1,94 MPa como o maior valor de RSP, em área experimental sob cultivo durante 15 anos, e Campos et al. (2013), que obtiveram 2,86 MPa na profundidade de 0,15-0,30 m em estudo da variabilidade espacial de RSP em área cultivada com cana-de-açúcar.

Com relação ao teor de água no solo, não se encontrou diferença pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$) entre talhões nem entre camadas; além disto, a análise de correlação indica que, em geral, não houve correlação entre os valores de RSP das diferentes camadas com os teores de umidade do solo, ou seja, os valores de RSP não foram influenciados pelos teores de água no momento da determinação. Isto demonstra que a RSP indica efetivamente as camadas compactadas do solo e que seus dados podem ser utilizados sem a necessidade de corrigi-los em função da umidade (Ribeiro, 2010).

Os semivariogramas obtidos para as variáveis mapeadas (Tabela 4) foram do modelo esférico e demonstram que todas elas apresentaram forte dependência espacial; isto indica, segundo Cambardella et al. (1994) que as propriedades são controladas por variações intrínsecas em características do solo, como textura e mineralogia. Os alcances obtidos não diferiram muito entre si e variaram entre 117 e 139 m.

O primeiro critério empregado para delinear zonas de manejo se refere à distribuição espacial do Índice de Cone na camada de 0 a 40 cm de profundidade. As regiões de maior IC dão a indicação mais direta da necessidade de subsolagem por serem os locais em que a compactação é mais intensa em toda a camada. Por este critério foi elaborada a Figura 2A na qual se distingue uma zona englobando os talhões 45 e 48

Tabela 4. Parâmetros dos semivariogramas utilizados na interpolação por krigagem de variáveis relacionadas à resistência do solo à penetração (RSP)

rtãVv2n	i á02má	f42Véà2àVt (dA)	ltãutã(dA. d)	cr*tx*2(u)	°fll (%)
smUfSb Ub Sxmb -%(P0	i EdáfSx	4245	725*	57a	4274
(áxc) C(SárfSP	i EdáfSx	4254	*M27±	55*	4257
(áxc) C(g t ofg P	i EdáfSx	4254	5472l4	56±	4254

[1]Efeito pepita como percentagem do patamar

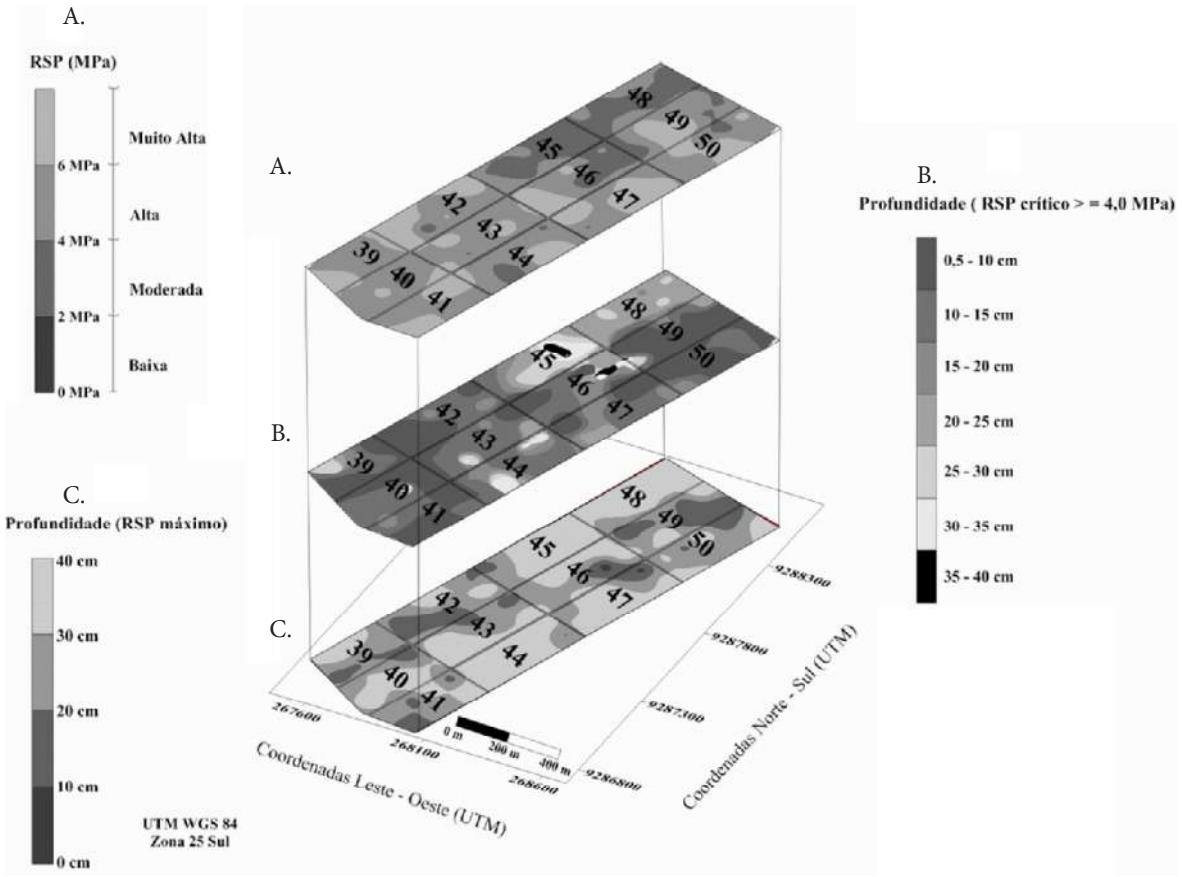


Figura 2. Mapa de espacialização do Índice de cone na área estudada (A); Mapa de espacialização das camadas nas quais têm início os valores críticos da RSP (B); Mapa de espacialização da profundidade de ocorrência da máxima resistência do solo à penetração - RSP (C)

podendo incluir o 46. Esta região, considerada de compactação moderada (2 a 4 MPa), representa 19% da área do campo (Tabela 5) enquanto regiões com compactação muito alta (acima de 6 MPa) abrangem 26% da área e se distribuem em manchas pelos outros talhões. A maior parte do campo (55%) apresenta alta intensidade de compactação (4 a 6 MPa).

O segundo critério utilizado foi a identificação da camada com a qual se inicia a RSP crítica para o desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar, de 4,0 MPa (Figura 2B). Não há incidência de valores críticos da RSP na camada de 0 a 5 cm; abaixo dela, o percentual da área onde começa a incidência dos valores críticos da RSP vai diminuindo com a profundidade, apenas em regiões esparsas do campo a camada com RSP crítica se inicia em profundidades maiores do que 25 cm. Esta RSP já começava entre 5 a 10 cm de profundidade em 35% da área (Tabela 5) enquanto que em 23% da área ela começava entre 10 a 15 cm e entre 15 e 20 cm em 17% da área. Desta maneira observou-se que em 58% da área a RSP crítica começava até 15 cm de profundidade e em 75% começava em profundidade até 20 cm.

Desta forma, pode-se identificar quatro zonas bem definidas, em que uma delas se localiza nos talhões 45 e 48, região em que a camada compactada ocorre a maiores profundidades enquanto que nos talhões 49, 50 e parte do 47, a camada compactada já se inicia na camada de 5 a 10 cm; outra região bem definida é a que inclui parte dos talhões 40, 41 e 42. Segundo o mesmo critério existe uma região definida pela predominância da RSP crítica entre 10 e 15 cm englobando os talhões 43, 44, 46 e 47. A importância desses mapas está na possibilidade de serem empregados para planejamento de ações de manejo localizado, conforme a intensidade de compactação que cada região do campo apresenta, como a variação na profundidade do preparo do solo, ao longo da área, que foi estudada por Gorucu et al. (2006).

O critério da profundidade de ocorrência da máxima RSP (Figura 2C) pode indicar a que profundidade a subsolagem deve ser realizada ou a inviabilidade de sua realização, no caso de grandes profundidades. Considerando as quatro zonas de manejo discutidas anteriormente, pode-se identificá-las também conforme este critério. Estão bem definidos os talhões 44, 45, 47 e 48 cuja máxima compactação ocorre entre 30 e 40 cm, da mesma maneira que a região que engloba parte dos talhões 40, 43, 46 e 47. A região que engloba os talhões 47, 49 e 50 apresenta a máxima compactação nas camadas entre 20 e 30 cm, com áreas menores apresentando a profundidade de 10 a 20 cm, enquanto nos talhões 40, 41 e 42 a máxima compactação ocorre predominantemente nas camadas entre 20 e 30 cm, com áreas menores de profundidade entre 10 e 20 cm.

Segundo o critério da profundidade de máxima RSP, a Tabela 5 fornece informações de que em metade da área a subsolagem não necessitaria ser realizada a mais de 30 cm de profundidade e a Figura 2C permite localizar, no campo, zonas onde a subsolagem pode ser aplicada a profundidades diferentes incorrendo em economia de combustível, tempo e desgaste de máquinas.

Quanto à outra metade da área, em que a profundidade de máxima RSP ocorre entre 30 e 40 cm de profundidade, seria necessário subsolar a 40 cm de profundidade, ou mais, o que seria muito caro e demorado, podendo não ter resposta em produtividade da cultura. Em geral, na ausência de informações os agricultores preparam o solo na mesma profundidade em toda a área, havendo alguns que preparam a mais de 40 cm de profundidade sem saber se a subsolagem anual é benéfica pois, segundo Gorucu et al. (2006), a ponta do subsolador deve movimentar-se abaixo da camada compactada porém acima do horizonte mais argiloso dos tabuleiros costeiros americanos.

Usando os três critérios e os talhões como referência pode-se identificar quatro regiões do campo diferentes entre si. Uma das mais evidentes é composta pelos talhões 45 e 48, nos quais predomina o IC com nível moderado e pequenas áreas de IC alto (Figura 2). Neste aspecto o talhão 46 se assemelha aos 45 e 48. Nesses talhões a RSP crítica se inicia, em geral, na camada de 20 a 25 cm de profundidade (Figura 2B), com pequena parte do talhão 45 tendo a RSP crítica se iniciando na camada de 25 a 35 cm indicando o volume de solo mais explorado pelas raízes. Em relação à profundidade de máxima RSP (Figura 2C), existe predominância da camada entre 30 e 40 cm, com o talhão 46 também fazendo parte da região; outra região que se diferencia das demais inclui os talhões 49 e 50, com a participação menos evidente do talhão 47. O IC nesses talhões é predominantemente alto, com menor porção de IC muito alto, o qual avança para o talhão 47. Nesta região a RSP crítica se inicia predominantemente na camada de 5 a 10 cm, a qual também abrange pequena parte do talhão 47 indicando que as raízes possuem um volume facilmente explorado menor no que na região já descrita. Nesses três talhões a profundidade de máxima RSP ocorre predominantemente na camada de 20 a 30 cm.

Tabela 5. Distribuição em hectares e em percentagem da área de cada nível de resistência do índice de cone, dos locais em que se inicia a resistência do solo à penetração (RSP) crítica em cada camada e da profundidade de ocorrência da RSP máxima na área estudada da Fazenda Casqueira

k N V2 V ç 02 ã 2 ç V ç ê > * V Ó á N t O V ' 2 02 * á x 2 (i l t)												
A t D				D t M				M t S				a S	
(T t)		(%)		(T t)		(%)		(T t)		(%)		(T t)	(%)
42 4		42 4		65 2 7		5 M 2 M		± 7 2 5		99 2 ±		6 a 2 5	69 2 ±
d t u t O t 02 ç á n á O á V k N ' V á O t m o l * ã N á V f t (* u)													
P ' 1 C A		C A ' 1 C P		C P ' 1 D A		D A ' 1 D P		D P ' 1 l A		l A 1 l P		l P ' 1 M A	
(T t)	(%)	(T t)	(%)	(T t)	(%)	(T t)	(%)	(T t)	(%)	(T t)	(%)	(T t)	(%)
7 a 2 M	79 2 5	69 2 M	66 2 a	5 a 2 7	5 * 2 7	56 2 a	55 2 8	* 2 9	± 2 ±	92 7	82 *	62 5	52 a
l á á 4 M k O V D t 02 02 á * á á ã > * V O t m o l u í é V u t (* u)													
A t C A				C A t D A				D A t l A				l A t M A	
(T t)		(%)		(T t)		(%)		(T t)		(%)		(T t)	(%)
62 4		52 *		69 2 5		66 2 5		6 a 2 6		69 2 *		9 * 2 7	94 2 8

Os talhões 40, 41 e 42 formam uma quarta região na qual predomina IC alto a muito alto, a camada de início da RSP crítica predominante é a de 5 a 10 cm, com algumas áreas nas quais ela começa de 10 a 15 cm o que sinaliza pequeno volume explorado facilmente pelas raízes.

Os resultados deste estudo possibilitam o manejo localizado da descompactação do solo realizando-o na profundidade mais adequada e em locais onde seja realmente necessário, com economia de energia e custos devidos a tratores mais potentes, combustível, tempo e desgaste de máquinas (Silva et al., 2004; Salvador et al., 2008). Segundo Bianchini et al. (1999), a exigência de força do escarificador aumenta de forma quadrática em função da profundidade de trabalho. Em vista disto, trabalhar em profundidade variável conforme a camada do solo a ser descompactada resulta em economia de combustível, como a obtida por Raper et al. (2007) que foi de 43 e 27% para as profundidades de 25 e 35 cm, respectivamente, comparado a 45 cm e por Keskin et al. (2011) que economizaram 56,4% de energia e 33,8% em combustível em virtude de prepararem, em 67 a 75% dos campos estudados, a profundidade menor que a normalmente usada.

Conclusões

1. Os mapas elaborados permitem definir quatro regiões do campo onde se pode aplicar a subsolagem de forma diferenciada.

2. A indicação de subsolagem na região dos talhões 40, 41 e 42 cujo índice de cone é alto a muito alto e resistência do solo à penetração crítica iniciando entre 5 e 10 cm, é de até 15 cm; entretanto, a profundidade de operação seria pouco maior que 20 cm na maior parte da área.

3. A região dos talhões 43 e 44 é a que proporciona menor segurança para ser utilizada como zona de manejo, devendo receber o mesmo manejo dos talhões vizinhos.

Agradecimentos

À Usina Vale Verde (Grupo Farias) pelo apoio e concessão da área de estudo.

Literatura Citada

Almeida, C. X.; Centurion, J. F.; Jorge, R. F.; Barbosa, J. C.; Andrioli, I. Funções de pedotransferência para a curva de resistência do solo à penetração. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.36, p.1745-1755, 2012. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000600008

ASAE - American Society of Agricultural Engineers. ASAE S313.3. Soil Cone Penetrometer. St. Joseph: ASAE Standards. 2004. p.858-860.

Bazzi, C. L.; Souza, E. G.; Uribe-Opazo, M. A.; Nóbrega, L. H. P.; Rocha, D. M.. Management zones definition using soil chemical and physical attributes in a soybean area. Engenharia Agrícola, v.34, p.952-964, 2013. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162013000500007

Bianchini, A.; Sabino, M. H. C.; Borges, P. H. M.; Sguarezzi, J. J. Comportamento operacional de um escarificador de Hastes parabólicas em solo de cerrado. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.3, p.395-401, 1999.

Camargo, E. C. G. Geoestatística: Fundamentos e aplicações. In: Câmara, G.; Medeiros, J. S. (ed.) Geoprocessamento para projetos ambientais. São José dos Campos: INPE, 1998. <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/5 geoest.pdf>. 29 Nov. 2013.

Camargo, L. A.; Marques Júnior, J.; Pereira, G. T. Spatial variability of physical attributes of an Alfisol under different hillslope curvatures. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.34, p.617-630, 2010. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000300003

Cambardella, C. A.; Moorman, T. B.; Novak, J. M.; Parkin, T. B.; Karlen, D. L.; Turco, R. F.; Konopka, A. E. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa soils. Soil Science Society of America Journal, v.58, p.1501-1511. 1994. http://dx.doi.org/10.2136/sssaj1994.03615995005800050033x

Campos, M. C. C.; Aquino, R. E.; Oliveira, I. A.; Bergamim, A. C. Variabilidade espacial da resistência mecânica do solo à penetração e umidade do solo em área cultivada com cana-de-açúcar na região de Humaitá, Amazonas, Brasil. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.8, p.305-310, 2013. http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v8i2a2091

Gorucu, S.; Khalilian, A.; Han, Y. J.; Dodd, R. B.; Smith, B. R. An algorithm to determine the optimum tillage depth from soil penetrometer data in coastal plain soils. Applied Engineering in Agriculture, v.22, p.625-631, 2006. http://dx.doi.org/10.13031/2013.21993

Keskin, S. G.; Khalilian, A.; Han, Y. J.; Dodd, R. B. Variable-depth tillage based on geo-referenced soil compaction data in coastal plain soils. International Journal of Applied Science and Technology, v.1, p.22-32, 2011.

Kirubakaran, R.; Venkataramana, S.; Jaabir, M. S. M. Effect of ethrel and glyphosate on the ripening of sugar cane. International Journal of Chemical Technology Research, v.5, p.1927-1938, 2013.

Lima, R. P.; Leon, M. J.; Silva, A. R. Comparação entre dois penetrômetros na avaliação da resistência mecânica do solo à penetração. Revista Ceres, v.60, p.577-581, 2013. http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2013000400018

Molin, J. P.; Dias, C. T. S.; Carbonera, L. Estudos com penetrometria: Novos equipamentos e amostragem correta. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.16, p.584-590. 2012. http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000500015

Oliveira, I. A.; Campos, M. C. C.; Soares, M. D. R.; Aquino, R. E.; Marques Júnior, J.; Nascimento, E. P. Variabilidade espacial de atributos físicos em um cambissolo háplico, sob diferentes usos na região sul do amazonas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.37, p.1103-1112, 2013. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832013000400027

Pacheco, E. P.; Cantalice, J. R. B. Compressibilidade, resistência a penetração e intervalo hídrico ótimo de um Argissolo amarelo cultivado com cana-de-açúcar nos tabuleiros costeiros de Alagoas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.35, p.403-415, 2011. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000200010

Pereira, J. O.; Siqueira, J. A. C.; Uribe-Opazo, M. A.; Silva, S. L. Resistência do solo à penetração em função do sistema de cultivo e teor de água do solo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.6, p.171-174, 2002. http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662002000100030

Ralisch, R.; Miranda, T. M.; Okomura, R. S.; Barbosa, G. M. C.; Guimarães, M. F.; Scopel, E.; Balbino, L. C. Resistência à penetração de um Latossolo Vermelho-Amarelo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.12, p.381-384, 2008. http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662008000400008

Raper, R. L.; Reeves, D. W.; Shaw, J. N.; Santen, E. van; Mask, P. L. Benefits of site-specific subsoiling for cotton production in Coastal Plain soils. Soil & Tillage Research, v.96, p.174-181, 2007. http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2007.05.004

Reichert, J. M.; Kaiser, D. R.; Reinert, D. J.; Riquelme, U. F. B. Variação temporal de propriedades físicas do solo e crescimento radicular de feijoeiro em quatro sistemas de manejo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.44, p.310-319, 2009. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2009000300013

Ribeiro, C. A. Variabilidade espacial da resistência mecânica do solo à penetração em áreas mecanizadas de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). Jaboticabal: FCAV/UEP: 2010. 85p. Dissertação Mestrado

Roque, A. A. O.; Souza, Z. M.; Barbosa, R. S.; Souza, G. S. Controle de tráfego agrícola e atributos físicos do solo em área cultivada com cana-de-açúcar. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.45, p.744-750, 2010. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2010000700016

Salvador, N.; Benez, S. H.; Mion, R. L. Consumo de combustível na operação de subsolagem realizada antes e depois de diferentes sistemas de preparo periódico do solo. Engenharia Agrícola, v.28, p.256-262, 2008. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162008000200006

Santos, K. S; Montenegro, A. A. A.; Almeida, B. G.; Montenegro, S. M. G. L.; Andrade, T. S.; Fontes Júnior, R. V. P. Variabilidade espacial de atributos físicos em solos de vale aluvial no semiárido de Pernambuco. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.16, p.828-835, 2012. http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000800003

Silva, G. da; Cappelli, N. L.; Umezu, C. K. Métodos probabilístico e determinístico para diagnóstico da necessidade de subsolagem de solos agrícolas. Engenharia Agrícola, v.24, p.130-141, 2004. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162004000100015

Stenger, R.; Priesack, E.; Beese, F. Spatial variation of nitrate-N and related soil properties at the plot-scale. Geoderma, v.105, p.259-275, 2002. http://dx.doi.org/10.1016/S0016-7061(01)00107-0

Taylor, J. A.; McBbratney, A. B.; Whelan, B. M. Establishing management classes for broadacre agricultural production. Agronomy Journal, v.99, p.1366-1376, 2007. http://dx.doi.org/10.2134/agronj2007.0070

Warrick, A. W. Spatial variability. In: Hillel, D. Environmental soil physics. San Diego: Academic Press, 1998. p.655-675.

Compactação de solo cultivado com cana-de-açúcar em Baía Formosa, Rio Grande do Norte[1]

Francisco Xavier de Oliveira Filho[2], Neyton de Oliveira Miranda[2], José Francismar de Medeirosr[2], Paulo César Moura da Silva[2], Francisco de Oliveira Mesquita[2], Thiago Kennedy Gomes Costa[3]*

10.1590/0034-737X201663050017

RESUMO

A compactação do solo é uma das principais limitações impostas ao desenvolvimento do sistema radicular da cana-de-açúcar, promovendo a redução da capacidade de absorção de água e nutrientes pela planta. Neste contexto, objetivou-se identificar regiões no campo com diferentes níveis de compactação, de modo a permitir a adoção de manejo localizado. O trabalho foi realizado na Usina Vale Verde, em Baía Formosa-RN, Brasil, onde a resistência do solo à penetração (RSP) foi avaliada em área de 113,59 ha, dividida em 12 talhões cultivados com cana-de-açúcar, onde foram locados 113 pontos georeferenciados. As determinações foram feitas nas camadas de 0-10, 11-20, 21-30 e 31-40 cm de profundidade, utilizando-se penetrômetro com sistema automático de medição. Foram utilizadas ferramentas de geoestatística para avaliar a dependência espacial das variáveis e confeccionar, por meio da interpolação por *krigagem*, mapas de isovalores da RSP. As figuras de isovalores localizam no campo áreas com diferentes níveis de compactação do solo. A descompactação do solo pode ser evitada em 18,80% da área total, principalmente nos talhões 45 e 48. Nas áreas que necessitam descompactação, esta deve ser realizada a profundidade maior do que 40 cm.

Palavras-chave: geoestatística; penetrômetro; resistência do solo à penetração.

ABSTRACT

Soil compaction in a sugarcane field at Baía Formosa, Rio Grande do Norte, Brazil

Soil compaction is one of the main constraints imposed to growth of sugar cane root system, with consequences as reduction on plant ability to absorb water and nutrients. In this context, this study had as objective to identify regions in the field with different compaction levels, allowing the adoption of site specific management. The work was carried out at the Green Valley Sugarcane Mill, in Baía Formosa, RN, Brazil. Soil penetration resistance (RSP) was used as indicative parameter of soil compaction, and was assessed in an area of 113.59 ha, divided in 12 sugarcane fields, where 113 georeferenced points were located. Determinations were made in the 0-10, 11-20, 21-30 and 31-40 cm depths, by means of a soil penetrometer with automatic data acquisition system. Data were analyzed through descriptive statistics and geostatistical tools, which were used for evaluating spatial dependence of variables and draw contour maps, after kriging interpolation. Contour maps show regions in the area with different soil compaction levels. Subsoiling may be avoided in 18.80% of the total area, mainly in the fields 45 and 48. In other regions subsoiling must be performed deeper than 40 cm.

Key words: geostatistics; soil penetrometer; soil penetration resistance.

Submetido em 03/07/2014 e aprovado em 23/11/2015.

[1] Este trabalho é parte da tese de doutorado do primeiro autor.

[2] Universidade Federal Rural do Semiárido, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. fxavierf@ufersa.edu.br; neyton@ufersa.edu.br; jfmedeir@ufersa.edu.br; paulo.moura@ufersa.edu.br; mesquitaagro@yahoo.com.br;

[3] Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. thiago_costa_@live.com

* Autor para correspondência: fxavierf@ufersa.edu.br

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum offcinarum* L.) tem importância agrícola e industrial no Brasil, devido ao valor da produção, área explorada e suas múltiplas utilidades. O país é o maior produtor mundial de açúcar e de etanol, um biocombustível importante, econômica e ambientalmente (Rodrigues *et al*., 2010). No Rio Grande do Norte, o setor canavieiro é a principal atividade agrícola em área plantada e receita gerada, que é de R$ 271.000.000. A produtividade da cana-de-açúcar no estado (59 t ha^{-1}) é 16% menor do que a média do país e semelhante à média da região nordeste (IBGE, 2014).

Atualmente, com o incremento das áreas agrícolas, há maior preocupação com os problemas relacionados à compactação do solo resultante das operações mecanizadas. A degradação cumulativa da qualidade física do solo, ao longo dos anos de cultivo se reflete nas propriedades do solo relacionadas à compactação, independentemente do sistema de manejo da cana-de-açúcar (Roque *et al*., 2010). O impacto sobre a produtividade das culturas deve-se a influencia da compactação sobre as demais propriedades físicas do solo podendo afetar as plantas, da germinação ao desenvolvimento radicular e aéreo (Reichert *et al*., 2007).

A resistência mecânica à penetração (RSP) é muito usada para indicar o grau de compactação, por ser relacionada com diversos atributos do solo indicativos desse tipo de degradação. Os equipamentos utilizados para esta determinação, os penetrômetros, medem a resistência oferecida pelo solo à penetração de uma ponta cônica (Molin *et al*., 2012). Os autores ressaltam que o teor de água e a textura do solo são os fatores que mais influenciam na magnitude das medidas de resistência à penetração.

A cultura da cana-de-açúcar tem na parte aérea o seu produto comercial, os colmos, e um sistema radicular formado por rizomas e raízes fasciculadas, das quais 85% estão localizadas até 50 cm de profundidade (Silva & Silva, 2012). Por isso, é muito afetada pela compactação do solo, agravada pelas várias operações mecanizadas, como a colheita, a qual, segundo relato de Lima *et al*. (2013b), causa redução acima de 50% do volume de macroporos do solo, sendo o valor de macroporosidade de 10% considerado crítico para o crescimento das plantas (Reichert *et al*., 2007).

A operação de subsolagem, a mais usada para romper camadas de solo que sofreram compactação e minimizar seus efeitos, em geral é realizada no campo todo. Ela exige alto consumo de energia e apresenta custo elevado, devendo ser realizada de forma localizada, quando houver camada impeditiva ao fluxo de água e ao desenvolvimento de raízes e quando a resistência à penetração for maior ou igual a um valor crítico, além de ser conhecida a localização e espessura da camada compactada (Silva *et al*., 2004). Para isso, devem ser empregados mapas que representem a intensidade de compactação e a variação na profundidade do preparo do solo, ao longo do campo (Gorucu *et al*., 2006).

A adoção do manejo localizado pressupõe a divisão do campo em classes homogêneas, que recebem o mesmo tratamento ou dose. Os critérios utilizados são a produtividade e os atributos químicos e físicos do solo, entre os quais a RSP e a textura. Os custos para dividir o campo em classes de manejo compensam, se houver diferenças na resposta agronômica entre elas e praticabilidade do manejo variável (Taylor *et al*., 2007; Bazzi *et al*., 2013).

A especificação de uma profundidade adequada para se realizar a subsolagem pode ser feita por diferentes critérios. Se o critério adotado for o valor máximo de RSP, existe a possibilidade de que a camada compactada não seja removida completamente (Silva *et al*., 2004); se a subsolagem for baseada na profundidade de ocorrência da máxima RSP, pode-se concluir pela sua inviabilidade, no caso de grande profundidade. A maneira mais adequada seria estipular um valor crítico de resistência à penetração, limitante para a cultura, que em conjunto com o gráfico de RSP localiza no perfil a camada compactada e determina sua espessura.

A adoção de valor crítico de resistência à penetração, relatada por Silva *et al*. (2004), permite determinar o volume de solo a ser mobilizado e decidir sobre a realização da subsolagem. Para isso, os métodos utilizados são o probabilístico e suas técnicas estatísticas, o determinístico, que calcula a proporção do volume de solo mobilizado e sua distribuição espacial, e o geoestatístico, que permite elaborar mapas de isovalores para delinear zonas de manejo e subsolar apenas onde necessário.

O manejo localizado da subsolagem é vantajoso por sua realização na profundidade mais adequada e em locais onde seja realmente necessária, gerando economia de energia e de custos com tratores, combustível, tempo e desgaste de máquinas (Silva *et al*., 2004; Salvador *et al*., 2008). Segundo Bianchini *et al*. (1999), ocorre aumento de forma quadrática da força necessária, em função da profundidade de subsolagem. Economia de combustível entre 27 e 43% foi obtida por Raper *et al*. (2007), quando a subsolagem foi realizada de forma variável, conforme a camada de solo a ser descompactada, e de 33,8%, por Gorucu Keskin *et al*. (2011), por terem subsolado 67 a 75% dos campos em profundidade menor do que a normalmente usada.

A realização da subsolagem apenas nas regiões do campo onde seja necessária e na profundidade mais adequada pode reduzir o tempo necessário e os custos da operação. Neste sentido, este trabalho visou a determinar a resistência do solo à penetração, de forma georreferenciada, em áreas sob cultivo de cana-de-açúcar, para localizar regiões do campo com diferentes níveis de compactação.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido nos anos de 2012 e 2013 na Usina Vale Verde, em Baía Formosa, RN, localizada nas coordenadas de 6° 22' 23'' S e 35° 00' 34'' O. O clima local é do tipo As, pela classificação de Köppen-Geiger, ou seja, tropical chuvoso com uma estação seca e um período chuvoso, entre janeiro e agosto, temperatura média anual de 27,5 ºC e pluviosidade média de 1.625 mm ano^{-1}.

A área de estudo, com 113,59 ha, está situada na Fazenda Casqueira (Figura 1A), cultivada com cana-de-açúcar e subdividida em 12 talhões (Figura 1B). A malha amostral foi composta por 113 pontos distribuídos regularmente, distantes 50 m a partir da borda do perímetro e 100 m entre eles (Tabela 1). Esses pontos foram georreferenciados em coordenadas UTM, Datum Horizontal WGS 84, Zona 25 Sul, por meio de aparelho GPS Garmim 72, com precisão média de 5 m. Uma amostra por hectare foi adotada por questão de custos e por ser apropriada para trabalho em propriedade rural, conforme Bazzi *et al*. (2013) e Tavares Filho & Ribon (2008).

Os talhões que formaram a área experimental deste trabalho apresentam área de 10 ha, com exceção de três deles (Tabela 1). Além disso, entre eles existia variação em relação às datas de plantio e as variedades de cana-de-açúcar cultivadas. Essas variações são inerentes à programação agrícola da empresa, devendo-se ressaltar que, por ocasião das coletas de dados, a cultura estava em início de crescimento para a safra 2012-2013.

A caracterização física do solo da área estudada (Tabela 2) incluiu as variáveis densidade do solo, porosidade total, microporosidade e macroporosidade, determinadas a partir de amostras indeformadas, coletadas em trincheiras com dimensões de 0,50 x 0,50 x 0,50 m, escavadas no centro de cada talhão, das quais se retiraram dois anéis por camada, de 0-10, 11-20, 21-30 e 31-40 cm. Também foram determinadas as frações granulométricas do solo e a densidade de partículas. As classes de solo identificadas na área foram Latossolo Amarelo, Argissolo Amarelo e Neossolo Quartzarênico, tendo sido observados impedimentos físicos por cimentação e presença de fragipã[4].

A determinação da RSP foi realizada por meio de penetrômetro marca Falker, modelo SoloStar PLG 5500, montado em quadriciclo da marca Shineray, a gasolina**,** modelo XY 250-STVI. O penetrômetro, dotado de sistema automático de medição de resistência à penetração, foi configurado para resolução da medição de profundidade de 10 cm, tem velocidade nominal de inserção de 3,0 m s^{-1}, é alimentado por bateria de 12 V, tem capacidade de memória para 910 medições e usa o protocolo NMEA 0183 de comunicação com GPS. O cone utilizado tem diâmetro de 7,94 mm e, junto com a haste do penetrômetro, segue a norma ASAE S.313.3 (2004). Esse cone permite penetração máxima de 40 cm de profundidade, índice de cone máximo de 15,1 MPa, com resolução de medição de 0,020 MPa e força máxima suportada na haste de 75 kgf.

As variáveis determinadas foram: RSP, média de três leituras para cada ponto amostral, em quatro camadas de 10 cm de profundidade (RSP_{0-10}; RSP_{11-20}; RSP_{21-30}; RSP_{31-40}) e a RSP média de 0 a 40 cm, ou Índice de Cone (IC). A cada quatro leituras de RSP, simultaneamente à leitura do penetrômetro, foram retiradas amostras de solo das camadas de 0-10, 11-20 e 21-30 cm de profundidade para determinação do teor de água no solo após secagem por 24 horas em estufa, a 105 °C.

As variáveis de resistência do solo à penetração e de teor de água no solo, nas diferentes camadas, foram analisadas por meio da estatística descritiva, sendo calculados média, valor máximo, valor mínimo e coeficiente de variação (CV), classificado por Warrick (1998) como baixo, quando menor do que 15%; médio para CV entre 15 e 50% e alto para CV acima de 50%. O ajuste dos dados à distribuição normal foi verificado pelo Teste Shapiro-Wilk, a 5% de significância. O teste *t* para dados pareados foi utilizado para comparar a RSP entre as camadas amostradas.

O teste *t,* a 5% de significância, foi empregado, do mesmo modo que em Lima *et al*. (2013b), para verificar diferenças no teor de água do solo entre talhões e entre camadas e, assim, avaliar a necessidade de correção da RSP, em função do teor de água. A análise de correlação entre os dados de RSP e do teor de água também realizada por Dalchiavon *et al*. (2014) e Carvalho *et al*. (2008), que utilizaram os coeficientes de correlação de Pearson ou de Spearman, conforme as variáveis ajustaram-se à distribuição normal, ou não.

A estimativa dos valores de RSP para locais não amostrados foi realizada para possibilitar a confecção de mapas de isovalores, por meio de *software* especializado para modelagem de superfícies. Para isso, foi empregada a interpolação por *krigagem*, do mesmo modo que em Campos *et al*. (2013). Esse procedimento, segundo Camargo (1998), considera uma superfície sobre a qual se observa alguma propriedade do solo, Z, em n pontos distintos, com coordenadas representadas pelo vetor x. Assim, tem-se um conjunto de valores {z(xi), i=1, ..., n}, em que xi identifica uma posição em duas dimensões, representada pelos pares de coordenadas (xi, yi). Supondo-se que se objetive estimar o valor de Z no ponto X_0, o valor desconhecido de $Z(x_0)$ pode ser estimado a partir de uma combinação linear dos n valores observados, adicionado a um parâmetro, λ_0, conforme a Eq. 1.

[4] Prado, H do. Identificação e diagnóstico dos solos para a cana-de-açúcar - Grupo Farias. Usina Baía Formosa (RN). Comunicação Pessoal. 7 de outubro de 2011. Instituto Agronômico de Campinas – IAC.

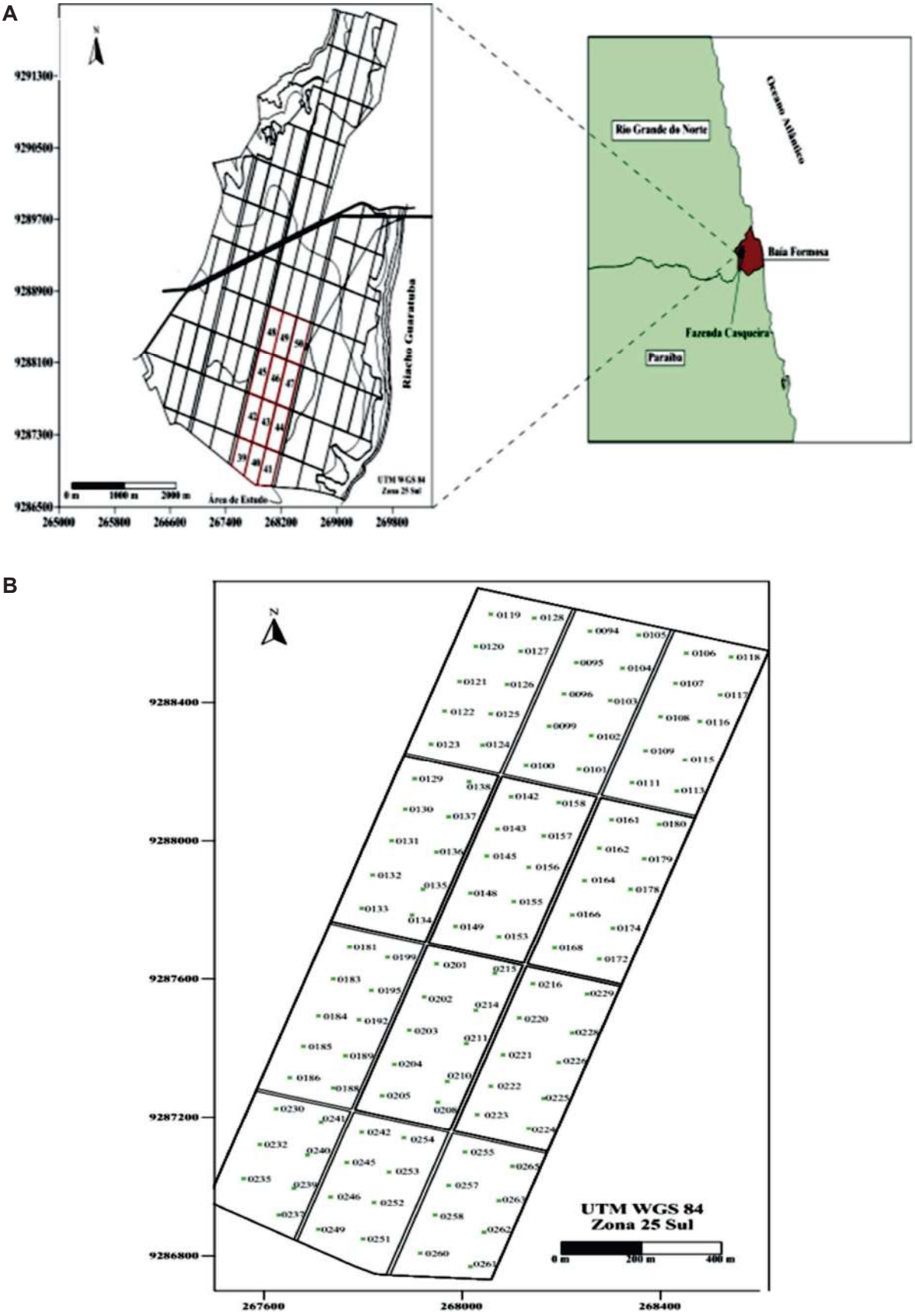


Figura 1: Área da Usina Vale Verde, com a delimitação dos talhões estudados (A) e o Grid dos pontos amostrais georreferenciados (B).

$$Z^*_{X_0} = \lambda_0 + \sum_{i=1}^{n} \lambda_i Z(X_i) \quad (1)$$

O critério de validação dos mapas modelados foi a soma dos quadrados dos desvios, considerando-se o valor amostrado frente ao valor modelado em cada ponto amostral, o que é possibilitado pelo *software* empregado. Desta forma, a interpolação por *krigagem* sempre apresenta menor resíduo do que outros métodos.

Os níveis de intensidade da resistência do solo à penetração, usados nos mapas modelados, são sugeridos por Ribeiro (2010): de 0 a 2 MPa são baixos e indicam baixa compactação do solo e ausência de impedimento ao crescimento da planta; de 2 a 4 MPa são moderados e indicam o limiar de impedimento ao crescimento da planta; de 4 a 6 MPa são altos e indicam impedimento ao desenvolvimento das raízes; acima de 6 MPa são muito altos. A determinação dos percentuais da área distribuídos em cada nível de intensidade da RSP também foi realizada por meio do *software* utilizado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de água entre camadas do solo não diferiram pelo teste *t* ($p < 0,05$), conforme apresentado, além de que os coeficientes de variação foram médios em todas as camadas, conforme se observa na Tabela 3. A pequena variação nos teores de água do solo indica que os dados obtidos por penetrometria representam efetivamente o estado de compactação do solo e que diferenças em RSP entre locais e camadas não foram devidas a diferenças dos teores de água. Isso concorda com Ribeiro (2010), Molin *et al*. (2012) e Lima *et al*. (2013b). A observação de teores de água muito próximos nos locais e camadas amostradas também levou Lima *et al*. (2013a) e Roque *et al*. (2010) a ignorarem a influência do teor de água do solo, ao discutir dados de RSP. Isso também foi feito por Gorucu *et al* (2006), que relataram diferenças significativas dos teores de água, correspondendo a diferenças não significativas em RSP.

Os coeficientes de correlação obtidos (Tabela 4) indicam que, em geral, no momento das medições, não houve

Tabela 1: Caracterização dos talhões de cana-de-açúcar amostrados na Fazenda Casqueira

Talhões	Área (ha)	Pontos amostrados	Variedades	Data de plantio
39	07,20	07	SP832847	23/07/2002
40	08,31	08	SP832847	23/07/2002
41	08,08	08	SP832847	24/07/2002
42	10,00	10	RB867515	30/05/2006
43	10,00	10	RB962962	30/01/2010
44	10,00	10	RB931011	03/02/2010
45	10,00	10	RB867515	30/05/2006
46	10,00	10	RB867515	13/01/2010
47	10,00	10	RB867515	12/01/2010
48	10,00	10	RB867515	31/05/2006
49	10,00	10	RB92579	09/02/2010
50	10,00	10	RB92579	25/01/2010
Total	113,59	113		

Fonte: Fazenda Casqueira

Tabela 2: Características físicas do solo da área estudada (médias ± erro padrão) na Fazenda Casqueira, separadas por camada amostrada

Profundidade (cm)	Areia (g kg^{-1})	Silte (g kg^{-1})	Argila (g kg^{-1})	Dp (Mg m^{-3})
0-10	0,89 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,07 ± 0,007	2,51 ± 0,03
11-20	0,88 ± 0,02	0,04 ± 0,01	0,07 ± 0,008	2,46 ± 0,07
21-30	0,87 ± 0,02	0,04 ± 0,02	0,09 ± 0,010	2,43 ± 0,03
31-40	0,86 ± 0,02	0,02 ± 0,03	0,12 ± 0,010	2,43 ± 0,03
	Ds (Mg m^{-3})	**P_{tot} (%)**	**MIC (%)**	**MAC (%)**
0-10	1,62 ± 0,021	35,46 ± 0,67	23,27 ± 0,70	12,19 ± 0,59
11-20	1,67 ± 0,022	35,65 ± 0,58	23,34 ± 1,04	12,31 ± 0,73
21-30	1,72 ± 0,019	33,85 ± 0,77	21,10 ± 1,22	12,76 ± 0,85
31-40	1,74 ± 0,038	36,43 ± 0,61	19,34 ± 1,46	17,09 ± 1,49

Dp = densidade de partícula; Ds = densidade do solo; P_{tot} = porosidade total; MIC = microporosidade; MAC = macroporosidade

correlação entre valores de RSP e de teores de água do solo. Por isso, a variação da RSP não pode ser atribuída à variação do teor de água do solo e os dados obtidos não necessitam ser corrigidos em função desse teor. Essas considerações também foram feitas por Dalchiavon *et al*. (2014) e Carvalho *et al*. (2008).

As médias da resistência do solo à penetração (Tabela 5) diferiram entre talhões, mas não foi observado aumento da RSP a cada camada consecutiva em todos os talhões; em alguns a RSP diminuiu a partir da camada de 21-30 cm e, em outros, a diminuição ocorreu a partir da camada de 31-40 cm. Em termos de Índice de Cone (IC0-40), observa-se que a menor média (3,34 MPa) e o menor valor máximo (5,81 MPa) ocorreram no talhão 45 e foram pouco inferiores aos do talhão 48, enquanto a maior média (6,16 MPa) e o valor máximo (9,97 MPa) ocorreram no talhão 47. O talhão 42 apresentou IC apenas inferior ao do talhão 47, mas sua RSP máxima foi a quinta maior, indicando que a distribuição da compactação difere entre camadas e entre talhões. É possível que esses solos apresentem caráter coeso, caracterizado por serem muito resistentes à penetração e de muito duros a extremamente duros quando secos, como muitos solos cultivados com cana-de-açúcar nos tabuleiros costeiros do nordeste brasileiro (Lima Neto *et al*., 2009).

Em relação à compactação, Gorucu *et al*. (2006) descrevem dois tipos de camadas subsuperficiais de solo: as de origem natural, ou adensadas, que apresentam baixa condutividade hidráulica e diferem em propriedades químicas e físicas das camadas adjacentes, e aquelas cuja compactação é devida a pressões externas, que apresentam maiores densidade e porosidade do que as adjacentes. Segundo esses autores, a presença de camada adensada, de origem natural, pode ser indicada por diferenças em textura entre camadas adjacentes de solo. Neste trabalho, isso foi observado apenas na camada de 30-40 cm, que apresentou o maior teor de argila.

A resistência do solo à penetração aumentou com a profundidade (Tabela 3), com diferenças significativas entre camadas pelo teste t ($p < 0,01$). Analisando-se por camada, nota-se que a mais superficial (0-10 cm) era a menos compactada, pois apresentou RSP média de 2,09 MPa, considerada baixa. A partir dela, a RSP passou a ser alta na camada de 11-20 cm (5,57 MPa) e muito alta entre 21 e 30 cm (6,60 MPa) e entre 31 e 40 cm (7,33 MPa), sendo esta a camada mais compactada. Os valores absolutos máximos observados foram semelhantes nas camadas a partir de 10 cm de profundidade, todos pouco superiores a 13,00 MPa. O ajuste dos dados à normalidade não foi observado para o índice de cone e para os valores de RSP nas camadas de 0-10 e 11-20 cm.

O aumento dos valores de resistência à penetração com o aumento da profundidade também foi observado por Pereira *et al*. (2002) em diferentes sistemas de cultivo, o que pode ser característico de solos com alto teor de argila. Nesse sentido, os valores de resistência à penetração obtidos por Lima *et al*. (2013b) em solo de textura franco–argilo-arenosa foram maiores do que em solos franco-arenoso e muito argiloso, os quais não diferiram. Em solo argilo-arenoso de área experimental cultivada nos últimos 15 anos, Lima *et al*. (2013a) obtiveram 1,94 MPa como maior valor de RSP, por meio de dois tipos de penetrômetros, muito abaixo dos valores obtidos neste trabalho.

A variabilidade dos dados é demonstrada pelas amplitudes elevadas de valores e pelos coeficientes de variação (Tabela 4). As camadas de 0-10 (61,19%) e de 11-20 cm (55,45%) apresentaram CV alto. Tavares Filho & Ribon

Tabela 4: Coeficientes de correlação entre resistência do solo à penetração e teores de água do solo nas diferentes camadas

	Teor de água 0-10	Teor de água 10-20	Teor de água 20-30
RP 0-10	-0,18^{ns}	-0,014^{ns}	0,23^{ns}
RP 11-20	-0,16^{ns}	0,011^{ns}	-0,15^{ns}
RP 21-30	-0,33^{ns}	-0,068^{ns}	-0,36^{ns}
RP 31-40	-0,12^{ns}	0,147^{ns}	-0,41*
IC 0-40	-0,28^{ns}	-0,020^{ns}	-0,31^{ns}

^{ns}não significativo; *significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 3: Estatística descritiva da resistência do solo à penetração e do teor de água no solo das diferentes camadas amostradas na área de estudo

Variável	Média	Mínimo	Máximo	[2]CV (%)	[3]SW
[1]RP_{0-10} (MPa)	2,08 d	0,08	05,64	61,19	0,0001
RP_{10-20} (MPa)	5,57 c	1,04	13,77	55,45	0,0001
RP_{20-30} (MPa)	6,60 b	1,68	13,38	38,17	0,0800
RP_{30-40} (MPa)	7,33 a	1,68	13,94	34,08	0,3700
IC_{0-40} (MPa)	5,21	1,68	09,88	32,85	0,0042
Teor de água$_{0-10}$ (%)	5,53 a	1,42	12,58	48,03	0,1900
Teor de água$_{10-20}$ (%)	6,07 a	1,84	11,73	39,73	0,1100
Teor de água$_{20-30}$ (%)	6,73 a	1,80	12,64	38,61	0,3900

[1]Resistência à penetração; [2]Coeficiente de variação; [3] Significância do teste Shapiro Wilk= ajustam-se à distribuição normal as variáveis com Pr>0,05; médias de camadas seguidas de letras diferentes diferem pelo teste t para dados pareados a 1% de significância.

(2008) e Ribeiro (2010) também encontraram os maiores valores de CV, 42,85 e 54,43%, respectivamente, na camada superficial de Latossolos. Os CV médios das camadas de 21-30 (38,17%) e 31-40 cm (34,08%) concordam com os resultados obtidos por Souza *et al*. (2006).

Os mapas bidimensionais de isovalores (Figura 2) permitem visualizar o comportamento espacial dos valores de resistência do solo à penetração nas diversas camadas e em termos médios (IC), além de que o referenciamento das regiões de interesse permite sua verificação *in loco*. A importância desses mapas está na possibilidade de empregá-los para planejar ações de manejo localizado, como a variação na profundidade do preparo do solo ao longo da área, segundo a intensidade de compactação em cada região do campo, conforme foi estudado por Gorucu *et al*. (2006).

A escolha da densidade de amostragem é importante para o sucesso do manejo sítio-específico, devendo seguir critérios de ordem econômica e prática e representar adequadamente as diferentes regiões do campo e os diferentes níveis de seus atributos. Nesse aspecto, a adoção de uma amostra por hectare, ou menos, é comum em áreas sob agricultura de precisão no Brasil (Franzen & Peck, 1995; Cherubin *et al*., 2014). Em trabalhos relacionados com a cana-de-açúcar, Pellin *et al* (2015) adotaram a mesma densidade amostral, enquanto Lima *et al* (2013b) usaram malha ainda menos densa. A mesma malha amostral adotada neste trabalho captou as diferentes escalas de variabilidade espacial dos atributos, em estudo de Cherubin *et al*. (2014), enquanto a opção entre malhas de amostragem de 67 x 67 m ou de 100 x 100 m, em estudo de Franzen & Peck (1995), dependeria da maior ou menor variabilidade do campo.

Os elevados valores de RSP obtidos neste trabalho podem ser devidos a propriedades do solo, como teor de água e de matéria orgânica, a operações mecanizadas e ao tráfego de máquinas, os quais acarretam diferenças na resistência mecânica ao longo do perfil. A relação entre os altos valores de RSP deste trabalho e os teores muito baixos de água no solo, no momento das medições, é corroborada por Molin *et al*. (2012) que, no momento das suas medições de RSP, observaram teores de água abaixo dos considerados ideais, os quais seriam de 2/3 da microporosidade do solo, segundo Dalchiavon *et al*.(2014).

As operações agrícolas que mobilizam o solo e o tráfego de máquinas alteram a estrutura do solo e modificam as condições para o crescimento radicular. A pressão dos equipamentos provoca a propagação em profundidade da força exercida, de maneira que a resposta do solo se dá sob forma de diferentes valores de resistência mecânica, ao longo do perfil, sendo altamente dependente da carga aplicada (Reichert *et al*., 2007). Atualmente, a colheita me-

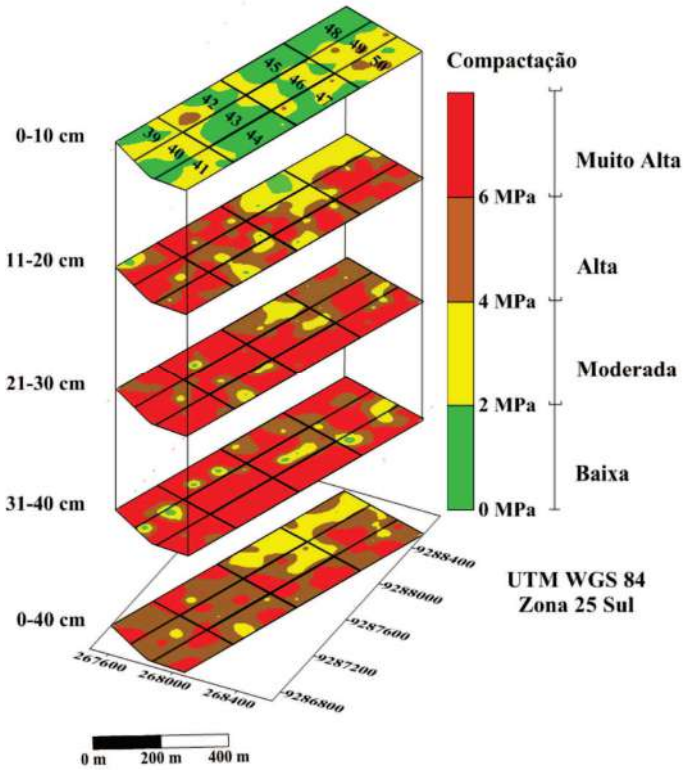


Figura 2: Espacialização dos valores críticos da resistência do solo à penetração (RSP) e classificação dos níveis de compactação do solo, referente a cada uma das camadas do solo para 12 talhões da área experimental.

canizada da cana-de-açúcar, quando o solo apresenta teores elevados de água, é apontada como causa importante da compactação do solo, principalmente nos primeiros 30 a 40 cm de profundidade (Severiano *et al*., 2010).

A análise da RSP por camada (Figura 2) permite observar que a camada mais superficial (0-10 cm) apresenta predominância de baixa RSP (até 2 MPa), seguida da moderada (de 2 a 4 MPa). À medida que se analisam camadas mais profundas, observa-se que maiores intensidades de compactação passam a predominar, como moderada e muito alta (a partir de 6 MPa), na camada de 11 a 20 cm, muito alta e alta (4 a 6 MPa), de 21 a 30 cm, e muito alta, de 31 a 40 cm. Nesse aspecto, os mapas de isovalores apresentam intensidades menores de compactação em todas as camadas da região, englobando os talhões 45, 46 e 48 que, por isso, poderiam receber preparo menos intenso.

Considerando-se que os efeitos da compactação sobre uma cultura resultam do comportamento da resistência do solo em toda a camada explorada pelas raízes, o mapa de isovalores da RSP média de 0 a 40 cm indica que, nos talhões 45, 46 e 48, a cultura teria melhores condições de desenvolvimento radicular e, por isso, melhor produção. Além disso, observa-se que a alta compactação predomina no campo, diferentemente do observado em cada camada. Os resultados deste trabalho são bem superiores aos obtidos por Campos *et al*. (2013), que avaliaram a variabilidade espacial da RSP e do teor de água do solo em área cultivada com cana-de-açúcar e encontraram 2,86 MPa como o maior valor de RSP, que ocorreu na profundidade de 0,15-0,30 m.

Outro aspecto importante para o manejo dos solos compactados é o conhecimento das proporções da área do campo afetada pelas diferentes intensidades de compactação. Nesse aspecto, verifica-se que na camada de 0-10 cm de profundidade predomina a RSP baixa, presente em 58,54% da área, mas também existem 45,30% de áreas com níveis moderados e uma pequena área com níveis altos (Tabela 6). Enquanto isso, nas camadas mais profundas predomina a compactação muito alta, chegando a 69,00% da área na camada de 31-40 cm, e pequena área com compactação baixa. Entretanto, quando se analisa a RSP média de todo perfil, a compactação alta predomina em 55,56% da área. Essas proporções podem indicar a viabilidade de se adotarem práticas mais específicas de manejo, em termos de custo ou de tempo para sua realização.

Tabela 5: Valores médios da resistência do solo à penetração (RSP) por talhão

Talhão	Resistência do solo à penetração – RSP (MPa)					
	Profundidades (cm)					
	0 – 10	10 – 20	20 – 30	30 – 40	0 – 40**	Valor máximo
39	2,27	6,47	7,08	7,71	5,48	7,75
40	2,43	7,75	8,03	5,31	5,50	9,45
41	2,65	7,16	7,73	7,56	5,87	7,83
42	2,73	7,84	7,54	7,34	5,92	8,20
43	1,54	5,92	7,56	8,44	5,40	9,72
44	1,53	4,99	6,03	8,79	4,91	9,00
45	1,28	2,95	4,49	5,67	3,34	5,81
46	2,30	4,77	6,26	6,57	4,68	7,16
47	2,23	6,70	8,40	9,31	6,16	9,79
48	0,98	3,42	5,74	6,40	3,74	6,78
49	3,16	6,30	5,95	6,03	5,11	6,80
50	3,00	7,27	6,91	5,15	5,30	7,57
Média Geral	2,08	5,57	6,60	7,33	5,02	7,99

** IC=Índice de cone

Tabela 6: Distribuição em hectares e em percentagem da área dos intervalos da resistência do solo à penetração (RSP)

Profundidade (cm)	Intervalos da RSP (MPa)							
	0 a 2		2 a 4		4 a 6		Acima de 6	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
0-10	58,54	51,28	51,47	45,30	3,87	3,40	0,00	0,00
11-20	2,27	2,00	27,26	24,00	37,48	33,00	46,57	41,00
21-30	0,96	0,85	7,77	6,84	35,92	31,62	68,94	60,69
31-40	1,94	1,71	6,79	5,98	26,22	23,08	78,64	69,23
0-40	0,00	0,00	21,35	18,80	63,11	55,56	29,12	25,64

CONCLUSÕES

O georreferenciamento localiza no campo áreas com diferentes níveis de compactação do solo.

Foram identificados 18,80% da área total nos quais a descompactação do solo pode ser evitada, principalmente nos talhões.

Nas áreas identificadas como necessitando descompactação, esta deve ser realizada a profundidade maior do que 40 cm.

REFERÊNCIAS

ASAE - American Society of Agricultural Engineers (2004) Soil cone penetrometer – ASAE Standard S313.3. Saint Joseph, ASAE. 3p.

Bazzi CL, Souza EG, Uribe-Opazo MA, Nóbrega LHP & Rocha DM (2013) Management zones definition using soil chemical and physical attributes in a soybean area. Engenharia Agrícola, 34:952-964.

Bianchini A, Sabino MHC, Borges PHM & Sguarezzi JJ (1999) Comportamento operacional de um escarificador de Hastes parabólicas em solo de cerrado. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 3:395-401.

Camargo ECG (1998) Geoestatística: fundamentos e aplicações. In: Câmara G & Medeiros JS (Eds.) Geoprocessamento para projetos ambientais. São José dos Campos, INPE. p.1-36.

Campos MCC, Aquino RE, Oliveira IA & Bergamim AC (2013) Variabilidade espacial da resistência mecânica do solo à penetração e umidade do solo em área cultivada com cana-de-açúcar na região de Humaitá, Amazonas, Brasil. Agrária, 8:305-310.

Carvalho LA, Neto VJM, Silva LF, Pereira JG, Nunes WAGA & Chaves CHC (2008) Resistência mecânica do solo à penetração (RMP) sob cultivo de cana-de-açúcar, no município de Rio Brilhante-MS. Agrarian, 1:7-22.

Cherubin MR, Santi AL, Eitelwein MT, Menegol DR, Da Ros CO, Pias OHC & Berghetti J (2014) Eficiência de malhas amostrais utilizadas na caracterização da variabilidade espacial de fósforo e potássio. Ciência Rural, 44:425-432.

Dalchiavon FC, Carvalho MP, Montanari R, Andreotti M & Dal Bem EA (2014) Inter-relações da produtividade de cana soca com a resistência à penetração, umidade e matéria orgânica do solo. Revista Ceres, 61:255-264.

Franzen DW & Peck TR (1995) Field soil sampling density for variable rate fertilization. Journal of Production Agriculture, 8:568-574.

Gorucu S, Khalilian A, Han YJ, Dodd RB & Smith BR (2006) An algorithm to determine the optimum tillage depth from soil penetrometer data in coastal plain soils. Applied Engineering in Agriculture, 22:625-631.

Gorucu Keskin S, Khalilian A, Han YJ & Dodd RB (2011) Variable-depth tillage based on geo-referenced soil compaction data in coastal plain soils. International Journal of Applied Science and Technology, 1: 22-32.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2014) Produção agrícola municipal. Culturas temporárias e permanentes. Produção Agrícola Municipal, 41:1-100.

Lima RP, Leon MJ & Silva AR (2013a) Comparação entre dois penetrômetros na avaliação da resistência mecânica do solo à penetração. Revista Ceres, 60:577-581.

Lima RP, Leon MJ & Silva AR (2013b) Compactação do solo de diferentes classes texturais em áreas de produção de cana-de-açúcar. Revista Ceres, 60:16-20.

Lima Neto JA, Ribeiro MR, Corrêa MM, Souza Júnior VS, Lima JFWF & Ferreira RFAL (2009) Caracterização e gênese do caráter coeso em latossolos amarelos e argissolos dos tabuleiros costeiros do estado de alagoas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 33:1001-1011.

Molin JP, Dias CTS & Carbonera L (2012) Estudos com penetrometria: Novos equipamentos e amostragem correta. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 16:584-590.

Pellin DMP, Rafael Montanari, Elizeu de Souza Lima, Lenon Henrique Lovera & Adriany Rodrigues Corrêa (2015) Variabilidade de atributos físicos de um latossolo vermelho sob cultivo de cana-de-açúcar. Caatinga, 28: 28-38.

Pereira JO, Siqueira JAC, Uribe-Opazo MA & Silva SL (2002) Resistência do solo à penetração em função do sistema de cultivo e teor de água do solo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 6:171-174.

Raper RL, Reeves DW, Shaw JN, Van Santen E & Mask PL (2007) Benefits of site-specific subsoiling for cotton production in Coastal Plain soils. Soil & Tillage Research, 96:174-181.

Reichert JM, Suzuki LEAS & Reinert DJ (2007). Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: Ceretta CA, Silva LS & Reichert JM (Eds.) Tópicos em ciência do solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.49-134.

Ribeiro CA (2010) Variabilidade espacial da resistência mecânica do solo à penetração em áreas mecanizadas de cana-de-açúcar (Saccharum officinarum). Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 85p.

Rodrigues LD (2010) A cana-de-açúcar como matéria-prima para a produção de biocombustíveis: impactos ambientais e o zoneamento agroecológico como ferramenta para mitigação. Trabalho de conclusão de curso. Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora. 64p.

Roque AAO, Souza ZM, Barbosa RS & Souza GS (2010) Controle de tráfego agrícola e atributos físicos do solo em área cultivada com cana-de-açúcar. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 45:744-750.

Salvador N, Benez SH & Mion RL (2008) Consumo de combustível na operação de subsolagem realizada antes e depois de diferentes sistemas de preparo periódico do solo. Engenharia Agrícola, 28:256-262.

Severiano EC, Oliveira GC, Dias Júnior MS, Castro MB, Oliveira LC & Costa KAP (2010) Compactação de solos cultivados com cana-de-açúcar: I - modelagem e quantificação da compactação adicional após as operações de colheita. Engenharia Agrícola, 30:404-413.

ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Monitoramento e mapeamento das águas subterrâneas de abastecimento urbano do município de Mossoró-RN

[1]Hermínio Sabino de Oliveira Junior; [2]Paulo Cesar Moura da Silva; [3]Clara Lívia Câmara e Silva

[1] Ms. em Manejo de solo e água, Universidade Federal do Semi-árido, Campus Mossoró. (84) 99669-3464. herminiosabino@gmail.com (autor correspondente). [2] Professor titular, Departamento de Ciências Ambientais e tecnológicas – DCAT, Universidade Federal do Semiárido, Av. Prof. Antônio Campos – Pres. Costa e Silva, CEP 59625-900, Mossoró, Rio Grande do Norte. (84) 98837-5060. Paulo.cesar@ufersa.edu.br [3] Ms. Ciências Naturais, Coordenadora de meio ambiente e saneamento ambiental – COMEAS, Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMARH/RN. Rua Dona Maria Câmara, 188 Capim Macio, CEP 9082-430, Natal Rio Grande do Norte (84) 99942-5216, claralivia_SGA@hotmail.com

Artigo recebido em 26/08/2016 e aceito em 19/10/2016

R E S U M O

Os recursos hídricos são elementos essenciais para a vida e os processos modificadores do ambiente, por isso possuir conhecimento da atual situação pode garantir uma gestão eficiente objetivando o uso mais sustentável, assim não comprometendo as atuais e futuras gerações no tocante a disponibilidade e qualidade hídrica. As águas subterrâneas são uma alternativa em regiões áridas e semiáridas como no nordeste brasileiro, para o abastecimento humano, já que as taxas de pluviometria são consideravelmente baixas. A cidade de Mossoró nos últimos anos passa por uma expansão urbana e um crescimento populacional, aumentando a demanda por água de boa qualidade para o abastecimento, por isso a presente pesquisa teve como objetivo a análise da qualidade da água subterrânea distribuída à população da área urbana de Mossoró-RN, já que estudos dessa natureza são bastante escassos na região. As análises das amostras foram realizadas no laboratório da CAERN, companhia responsável pela distribuição de água no estado do Rio Grande do Norte. E depois os dados foram analisados por meio da estatística descritiva e interpolação de cada variável para a elaboração de mapas temáticos. As águas subterrâneas de um modo geral como é de se esperar não apresentam restrições quanto as suas propriedades físicas, principalmente por se tratar de um aquífero poroso e relativamente profundo como o aquífero Açu. Um Sistema de Informações Geográficas - SIG pode melhorar a interpretação das análises do comportamento da qualidade da água dos poços, além de diminuir o tempo gasto e espaço de armazenamento.

Palavras-chaves: Sistema de Informações Geográficas – SIG; Qualidade de água; Parâmetros físico-químicos.

Monitoring and mapping of underground waters of urban supply in the municipality of Mossoró-RN

A B S T R A C T

Water resources are essential for life and environmental modifiers processes, so the knowledge of the current situation can ensure efficient management aiming at more sustainable use, thus not affecting the current and future generations regarding the availability and water quality. Groundwater is an alternative in arid and semi-arid regions such as in northeastern of Brazil, for human consumption, since the pluviometry rates are considerably lower. The city of Mossoro in recent years goes through an urban expansion and population growth, increasing the demand for good quality water supplies, so this study aimed to analyze the groundwater quality distributed to the population of the urban area of Mossoro-RN, whereas such studies are rather scarce in the region. The analyzes of the samples were performed in the laboratory of CAERN, the water company that is responsible for distributing water in the state of Rio Grande do Norte. And then the data were analyzed using descriptive statistics and interpolation of each variable for the elaboration of thematic maps. Groundwater, generally speaking, as is to be expected shows no restrictions about their physical properties, mainly because it is a porous aquifer and relatively deep as the Açu aquifer. A Geographic Information System - GIS can improve the understanding of the analysis of the behavior of the quality of the water from wells, and reduce the time spent and storage space.

Keywords**:** Geographic Information System - GIS; water quality; physico-chemical parameters

Introdução

Os recursos hídricos são elementos essenciais para a vida e os processos modificadores do ambiente, por isso ter conhecimento da atual situação pode garantir uma gestão eficiente que garanta o uso mais sustentável, assim não comprometendo as atuais e futuras gerações no tocante a disponibilidade e qualidade hídrica. O processo de urbanização que munícipios brasileiros passam ultimamente requer uma disponibilidade dos recursos hídricos para a realização do abastecimento à sua população e esses recursos podem estar em mananciais hídricos como barragens, açudes, rios assim como no subsolo.

A disponibilidade de água potável é apontada como um dos grandes problemas do século XXI. Mesmo com todos os esforços e avanços tecnológicos para o armazenamento e controle do consumo da água, este recurso vem se tornando escasso e sua qualidade se deteriora cada vez mais rápido (Santos et al,2009).

De acordo com avaliações do relatório sobre desenvolvimento humano - PNUD, até o ano de 2025 a população que vive em regiões onde a pressão sobre os recursos hídricos é maior que o suporte de recarga, atualmente estimada em de 700 milhões de pessoas, podendo chegar a mais de três bilhões. Dessa população, mais de 1,4 bilhão de pessoas vivem em bacias hidrográficas que, sem uma gestão eficiente, terá como impactos a seca dos rios e esgotamento das águas subterrâneas (ANA, 2007).

As águas subterrâneas possuem uma grande importância para desenvolvimento das atividades humanas. Elas exercem papel fundamental no abastecimento nas cidades e assim como no setor privado, com os mais diferenciados usos da água, tanto nos centros urbanos como nas comunidades rurais e, também, como em sistemas autônomos residenciais privados, indústrias, serviços, irrigação agrícola e lazer. Outro uso, bem menos falado, mas de igual importância das águas subterrâneas é a função ecológica para manter o equilíbrio da fauna e flora e ainda para fins estéticos e paisagísticos além de tornar rios, lagos perenes através das descargas de aquíferos (Bicudo, 2010).

Com o desenvolvimento de intensas pesquisas, atualmente já é provável uma avaliação mais sistêmica do real potencial de reservatórios das águas subterrâneas e, um olhar mais amplo da disponibilidade desse recurso. Com os estudos foi possível desenvolver tecnologias para melhor aproveitamento desse importante manancial, uma das várias tecnologias empregadas nas pesquisas, às geotecnologias aplicadas aos recursos hídricos se destacam devido as grandes possibilidades de análises sistemáticas e cruzamento de diversas informações incorporadas aos sistemas de informações geográficas – SIG.

A atualização das informações cadastrais, seja socioeconômica, ambientais ou dos recursos hídricos se mostra de fundamental importância para se conseguir uma gestão eficiente buscando alcançar o desenvolvimento sustentável, se precisar necessariamente uma relação direta da área urbanizada, da população ou de características identificadas em cada município. As pequenas e médias cidades são as mais afetadas com o crescimento desordenado prejudicando o uso e ocupação do território, fato esse, que atinge diretamente a preservação do meio ambiente e a qualidade de vida de toda a população.

A presente pesquisa por possuiu caráter pioneiro na região, teve importância singular no tocante a gestão dos recursos hídricos subterrâneo, não só para a cidade de Mossoró, mas para toda região que utiliza as águas do aquífero Açu nos mais diversos usos.

Obter conhecimentos sobre os recursos hídricos subterrâneos pode garantir a disponibilidade de tal recurso para as futuras gerações. A cidade de Mossoró é grande usuária das águas do aquífero açu, seja para o abastecimento humano, ou para a produção de culturas irrigadas, assim a realização de estudo voltado tanto a qualidade e a quantidade do aquífero é de extrema importância para o planejamento de futuros usos.

A importância dos recursos hídricos para o desenvolvimento das atividades mais essenciais dos seres humana só o torna cada vez mais escasso e precioso nos dias atuais. Possuir o máximo de informações sobre os tais recursos pode ser a garantia de fazer uma melhor gestão e ter esse recurso sempre disponível e em boa qualidade.

A cidade de Mossoró nos últimos anos passa por uma expansão urbana e um crescimento populacional, aumentando a demanda por água de boa qualidade para o abastecimento, por isso ter conhecimento de como se encontra a qualidade das águas dos poços para abastecimento é de grande relevância futuras intervenções, novas pesquisas e políticas que visem o melhoramento do abastecimento para a população e assegure a disponibilidade desse recurso.

O presente trabalho teve como objetivo geral a análise da qualidade da água subterrânea distribuída à população da área urbana de Mossoró-RN.

Material e métodos

Caracterização da área de estudo

Mossoró-RN tem uma altitude média de 16 m e apresenta coordenadas 05°11'16,8" de latitude sul e 37°20'38,4" de longitude oeste (Figura 01), distante da capital cerca de 277 km, sendo seu acesso, a partir de Natal, efetuado através da rodovia BR-304 (IBGE, 2010).

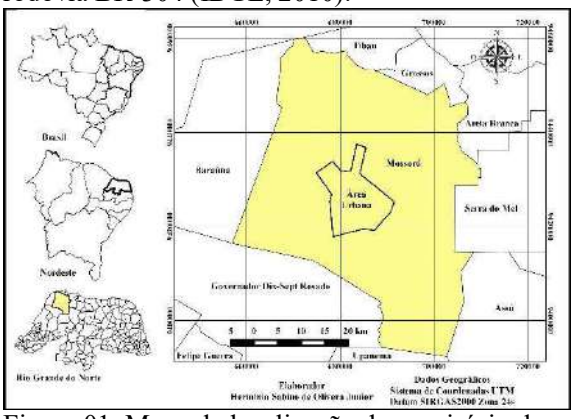


Figura 01: Mapa de localização do município de Mossoró-RN

O município de Mossoró possui uma população de 288.162 habitantes, podendo chegar a mais de 300.000, se for considerado a população flutuante, que tem Mossoró como local de trabalho, compras ou outras atividades. Situada na mesorregião Oeste Potiguar e na microrregião Mossoró, limitando-se com os municípios de Tibau, Grossos, Areia Branca, Serra do Mel, Açu, Upanema, Governador Dix-Sept Rosado, Baraúna e o Estado do Cear á, abrangendo uma área de 2.100 km² (IBGE,2010).

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima de Mossoró é do tipo BSwh', ou seja, semiárido muito quente e com estação chuvosa no verão atrasando-se para o outono, apresentando temperatura média de 27,4ºC, com precipitação pluviométrica anual muito irregular e com umidade relativa média do ar de 68,9% (Sousa, 2014). Mossoró caracteriza-se por possuir um clima tropical semiárido, com 7 a 8 meses de período seco por ano. Seu clima é seco, quente e com estação chuvosa concentrada entre o verão e o outono. As precipitações pluviométricas possuem distribuição muito irregular ao longo do ano, as médias variam entre 600 a 800mm anuais. As amplitudes térmicas são ligeiramente maiores nos meses secos e menores nos chuvosos, com temperaturas média de 27,4 ºC, com uma variação entre 21 ºC e 36,0 ºC (Santos, 2012).

Mossoró está assentada sobre uma superfície de relevo plano de altitudes modestas (4 a 142 metros), conforme Figura 02, composto por tabuleiros sedimentares de origem cretácea, cortados pelos vales dos rios, Apodi e Angicos, que representam largas várzeas com lagoas residuais (CPRM, 2005).

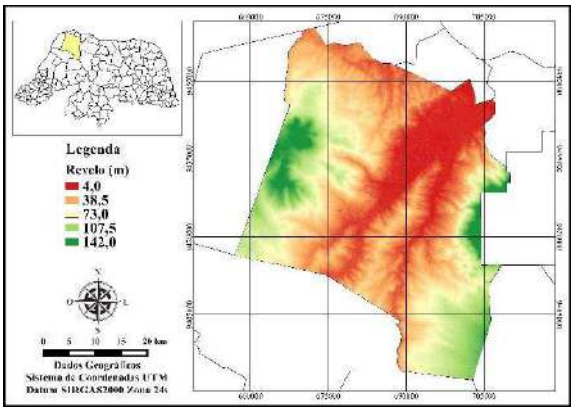


Figura 02: Mapa do relevo do município de Mossoró-RN

Caatinga Hiperxerófila - vegetação de caráter mais seco, com abundância de cactácea e plantas de porte mais baixo e espalhado. Entre outras espécies destacam-se a jurema-preta, mufumbo, faveleiro, marmeleiro, xique-xique e facheiro.

Carnaubal - vegetação natural onde a espécie predominante é a palmeira, a carnaúba. Os carnaubais são espaçados e iluminados.

Vegetação Halófila - é uma vegetação que suporta grande salinidade em decorrência da penetração da água do mar nas regiões baixas marginais dos cursos d'água. O clima semi-árido provoca uma grande evaporação e concentração de sais na parte superficial do terreno. Observa-se ocorrência de uma vegetação típica, desta formação. Destacando o pirrixiu e o bredo, às vezes consorciados com carnaubais (IDEMA, 2008).

Na Figura 03 estar representado as classes de solos encontradas no de município, onde pode-se identificar os ARGISSOSLOS, esse estando em maior parte na área urbana e também na região da serra Mossoró. CAMBISSOLOS, esse com maior área sendo encontrado em todas as regiões do município, CHERNOSSOLO localizado na parte sul do município das divisas com as cidades de Assú e Governador Dix-Sept Rosado. GLEISSOLOS localizados próximo as áreas alagadas pela dinâmica de maré alta e maré baixa. LATOSSOLO sua maior evidência estar na região sul do município nas divisas das cidades de Tibau, Grossos e também Serra do Mel. Os VERTISSOLOS são encontrados quase que na sua totalidade as margens dos rios Apodi-Mossoró e Carmo. (EMBRAPA, 2013).

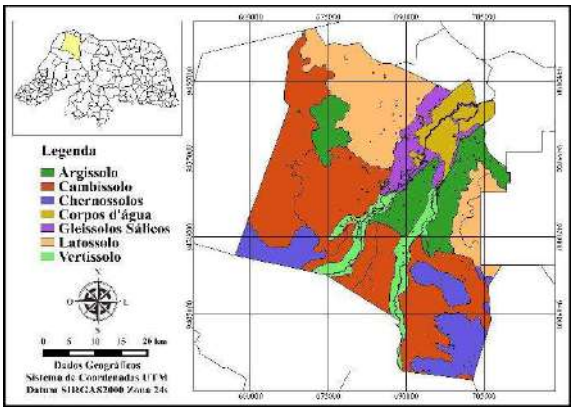


Figura 03: Mapa de solos do município de Mossoró-RN

O município de Mossoró encontra-se inserido, geologicamente, na Província Borborema (FIGURA 04), sendo constituído pelos sedimentos da Formação Jandaíra (K2j), do Grupo Barreiras (ENb), depósitos Colúvios-eluviais (NQc), Flúvio-lagunares (Qfl) e depósitos Aluvionares (Q2a) (EMBRAPA, 2005).

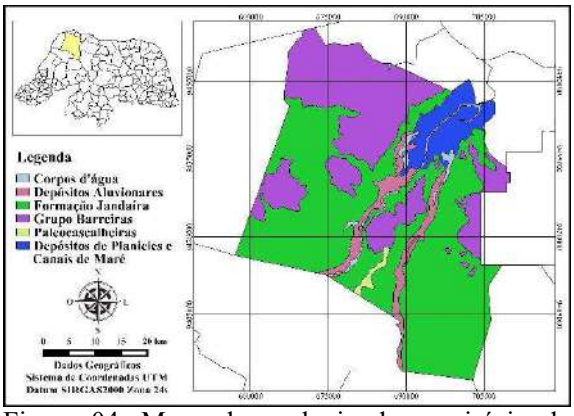


Figura 04: Mapa da geologia do município de Mossoró-RN

Os dados técnicos de todos os poços foram disponibilizados pela a Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte – CAERN, com sede em Mossoró-RN. Posteriormente, todos os dados foram convertidos em bancos de dados espacial no formato shapefile para serem introduzidos nos softwares no software SIG's QGIS 2.8.6. Optou-se pelo QGIS divido o mesmo ser um software robusto e de fácil manuseio, além de sua distribuição ser gratuita e possibilitou a realização de todos os processos de geoprocessamento, diminuindo assim os custos com a pesquisa.

O mapa com as localizações dos poços foi confeccionado após as coletas das coordenadas de cada poço com GPS de navegação e posteriormente foi realizado a transferência dos pontos para software QGIS e em seguida transformado em Shapefile com projeção Universal Tranvessa de Mercator –UTM e datum SIRGAS2000, que a partir de 2005 passou a ser o datum oficial do Brasil (IBGE, 2015).

Variáveis analisadas

As análises das amostraram foram realizadas no laboratório de qualidade de água da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte - CAERN na cidade de Natal onde constituíram as análises das seguintes variáveis:

Físicas: turbidez, cor aparente.

Químicas: sódio (Na+), cloretos (Cl), dureza, nitrato (NO3), (SO4-), e potencial hidrogeniônico – pH.

As coletas das amostras e análises laboratoriais foram realizadas seguindo as metodologias descritas na 21ª Edição do "Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater" (APHA, 2005).

Cada poço foi espacializado através das coordenadas X e Y obtidas na visita de campo e com auxílio do aparelho GPS. A partir daí foi criado um banco de dados contendo todas as informações dos poços que posteriormente foi alimentado com os resultados das análises de água fornecida pela CAERN.

Análise dos resultados

Os dados foram analisados por meio da estatística descritiva, tabela de correlação e interpolação de cada variável para a elaboração de mapas temáticos

No presente trabalho foram analisadas 6 variáveis dos 16 poços ativos no sistema de abastecimento, fornecido pela CAERN, através de softwares livres como o SISVAR e SAEG 9.1,

Foi analisado o comportamento das variáveis da água por meio de medidas descritivas: média, valores máximo e mínimo, coeficiente de variação (CV) e Desvio padrão (DP).

Interpolação dos dados através do método IDW

Os dados foram interpolados através do Inverso do Quadrado da Distância – IDW, esse interpolador emprega o modelo estatístico denominado "Inverso das Distâncias". O modelo baseia-se na dependência espacial, isto é, supõe que quanto mais próximo estiver um ponto do outro, maior deverá ser a correlação entre seus valores (Marcuzzo et al, 2011). Assim, adota maior peso para as amostras mais próximas do que para as amostras mais distantes do ponto à ser interpolado. Desde modo o modelo consiste em se multiplicar os valores das amostras pelo inverso das suas respectivas distâncias ao ponto de referência para a interpolação dos valores.

Para o cálculo da interpolação do valor de um ponto através do método do IDW, usamos a seguinte equação matemática:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^{n}(\frac{z_1}{d_i})}{\sum_{i=1}^{n}(\frac{1}{d_1})} \qquad [1]$$

Resultados e discussão

Não existe uma rede nacional de monitoramento para águas subterrâneas. As fontes de informação são, na maioria das vezes, de caráter pontual e correspondem as pesquisas desenvolvidas nas universidades e alguns estudos elaborados pelas secretarias estaduais de recursos hídricos.

Na década de 70, a Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte – CAERN assumiu a direção do sistema de abastecimento público de Mossoró, quando realizou o primeiro estudo hidrogeológico do aquífero Açu, em Mossoró. Este estudo representa uma primeira e considerável avaliação do comportamento hidrodinâmico do aquífero na região de Mossoró.

Conhecer o estado que se encontra os aquíferos pode trazer diversos benefícios na gestão dos recursos hídricos e consequentemente para a população, que terá a certeza de estar recebendo uma água de qualidade.

A análise dos aspectos físico-químicos das águas subterrânea tem considerável importância na determinação hidrogeológica, principalmente em regiões áridas e semiáridas como a cidade de Mossoró, alvo dessa pesquisa. Encontrar água é apenas um dos problemas enfrentados pela população dessas regiões. É essencial que essa água tenha características físico-químicas que atendam os padrões de portabilidade e não coloque a saudável qualidade de vida dos seres humanos em risco.

Espacialização dos poços

O mapa com os poços utilizados no abastecimento urbano de Mossoró foi elaborado a partir da tabela disponibilizada pela CAERN e com a confirmação em campo, como mostrado na metodologia.

No mapa pode-se perceber como a cidade vem tendo um crescimento, com as zonas de expansão urbana, assim necessitando de um sistema de abastecimento eficiente e eficaz, uma vez que 70% água disponibilizada à população chega através dos poços e os outros 30% de adutora (Souza et al 2010).

ANA (2010) já relatava que a CAERN enfrentava problemas de falta água em Mossoró e não havia uma política bem definida de investimento prevista para ampliação do sistema através de novos poços, posto que já se encontra na ordem do dia um novo projeto de adução de água superficial, desta vez do Açude Santa Cruz, localizado 10 km ao sul de Apodi e cerca de 90 km de Mossoró.

Hoje, a única adutora que fornece água para o sistema de abastecimento de Mossoró é a Jerônimo Rosado, que capta água da barragem Armando Ribeiro Gonçalves na cidade de Itajá. Mas, mas a nova adutora para que a água da barra de Santa Cruz na cidade de Apodi chegue à população, já estar em fase de implantação, porém sem uma data para conclusão.

Os poços estão espacializados (Figura 05) de uma forma que atenda a todos os usuários de forma satisfatória, sendo distribuídos em todas as zonas da cidade, tendo a maior concentração na parte norte e na margem esquerda do rio Apodi-Mossoró. Uma vez que a CAERN busca garantir que os bairros não sofram com a falta de água.

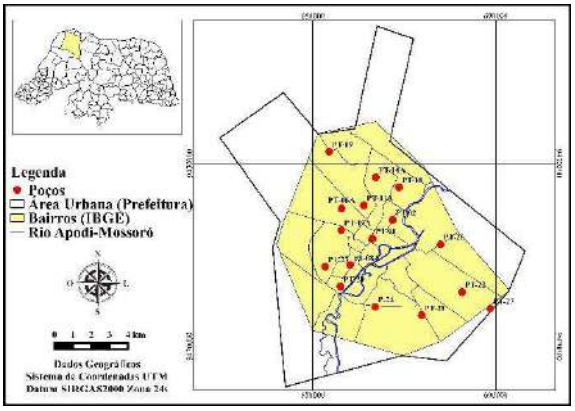


Figura 05: espacialização dos poços ativos de abastecimento da CAERN na zona urbana de Mossoró-RN

Análise estatística

Foi verificado um coeficiente de variação na maioria dos dados como sendo médio e baixo. A pouca variação pode ser explicada por todos os poços estarem em um único aquífero.

Tabela 01: Estatística descritiva das análises das variáveis da água para abastecimento humano na zona urbana de Mossoró-RN

Variável	Média	Valor		Coeficiente		Desvio Padrão
		Mínimo	Máximo	Variação	Class CV	
pH	7,46	7,2	7,8	2,49	Baixo	0,18
Sódio	75,9	34,44	117,00	31,78	Médio	24,15
Dureza	98,50	31,90	185,55	49,41	Médio	48,67
Cloretos	59,61	47,68	96,62	19,59	Médio	11,68
Cor Aparente	4,29	3,60	5,50	12,59	Baixo	0,54
Nitrato	1,49	0,00	2,83	46,06	Médio	0,68

Fonte: Companhia de Águas e Esgoto do Rio Grande do Norte – CAERN, 2015

Cor aparente

Quando a água, além da cor, apresenta uma turbidez adicional que pode ser removida por centrifugação, diz-se que a cor é aparente (Scuracchio, 2011).

A cor é responsável pela coloração da água, e está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2010). A cor aparente em µC, unidade de cor, e assim essa característica é puramente estética.

Os valores da cor aparente ficaram entre 3,60 µC, mínimo e 5,50µC o máximo com média de 4,29 µC, na legislação vigente determina que os valores não ultrapassem 15 µC, por tanto os valores encontrados estão dentro dos padrões de qualidade. Este parâmetro tem importância estética e, quando alterado, provoca rejeição para o consumidor.

Visto que, água que possui sua cor elevada provoca a sua rejeição por parte do consumidor e o leva a buscar outras fontes de suprimento muitas vezes inseguras (BRASIL, 2004).

Como mencionado anteriormente a cor aparente da água é um aspecto mais visível e de aceitação, na legislação o valor máximo permito é de 15 uH.

Os poços que apresentaram o maior dessa variável foram os PT – 18, PT – 19, PT – 24 e PT – 27, esse localizados mais distante do centro da cidade (Figura 06).

A cor da água é consequência das substâncias em solução, ou seja, em águas não poluídas, a cor é determinada pela presença de ácidos húmicos/fúlvicos e compostos de ferro, mas, quando poluídas, deriva de uma variedade de compostos orgânicos.

Os poços que apresentaram os maiores valores têm uma caraterística semelhantes, ambos estão localizados próximo a áreas onde são desenvolvidas atividades que possuem grande potencial de poluição (Abatedouro, postos de combustível, base da Petrobras). A presente pesquisa não busco a relação do uso e ocupação com a qualidade da água, mas foi um fato curioso e que vale ser mencionado.

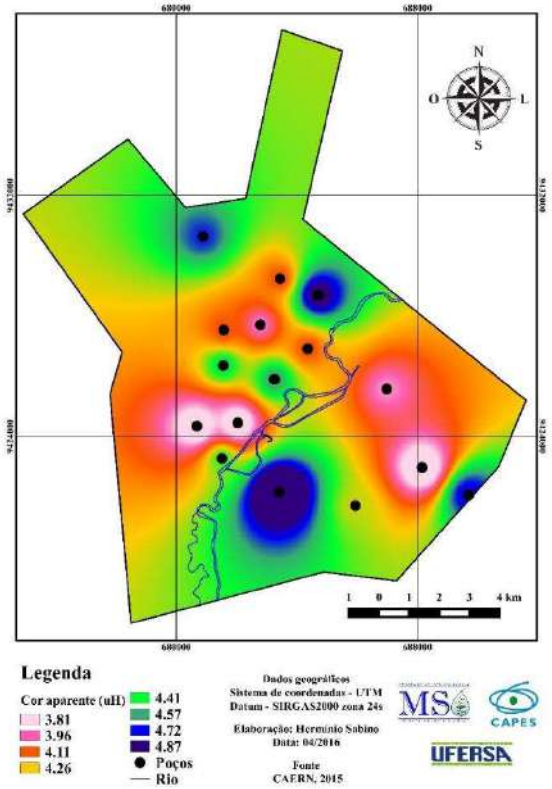


Figura 06: Mapa da cor aparente dos poços de abastecimento da zona urbana de Mossoró-RN

Dureza

Através das análises ficou constatado valores de dureza mínimo de 31,90 mg L^{-1} e máximo de 184,55 mg L^{-1}com média de 98,50 mg L^{-1}. Esses valores foram similares aos encontrados por ANA (2010), onde a média ficou em 126,2 mg L^{-1} e o valor mínimo de 50 mg L^{-1} e máximo de 200 mg L^{-1}.

A maioria das amostras ficaram na faixa de dureza modera (50 – 150 mg L^{-1} CaCo3). Isso indica uma conformidade das águas do aquífero e é perfeitamente compatível com a natureza arenosa desse aquífero (ANA, 2010). Esses valores,

segundo Tsutiya (2006), pode levar a corrosão dos tubos utilizados na instalação dos poços.

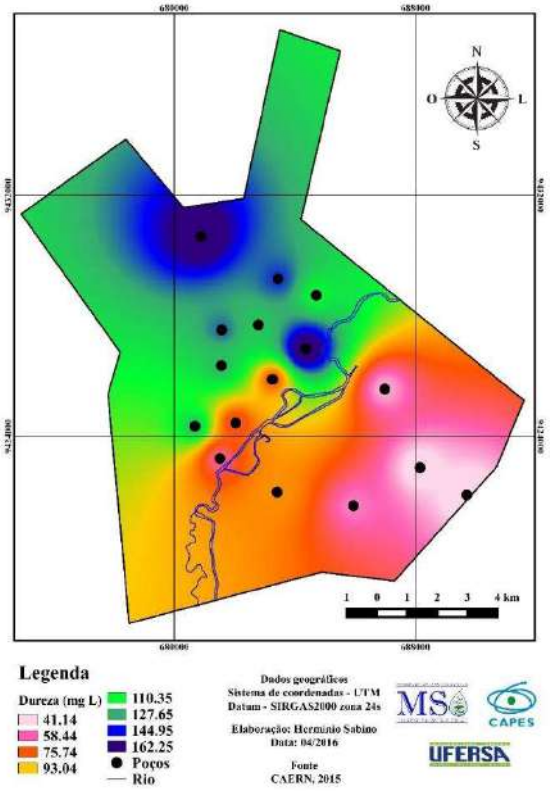


Figura 07: Mapa da dureza dos poços de abastecimento da zona urbana de Mossoró-RN

Como já mencionado anteriormente a dureza apresentou valores abaixo do permitido na portaria 2.914 / 2011 do ministério da saúde, mas mesmo abaixo, a dureza pode causar incrustações nas tubulações de água quente, característica das águas de abastecimento através de poços em Mossoró.

Dois poços apresentaram dureza superior a 160 mg L de CaCo3 (PT – 02 e PT – 19) ambos localizado à margem esquerda do rio Apodi-Mossoró, como mostrado na Figura 07.

A dureza dos poços mencionados anteriormente pode ser classificada, segundo Libânio (2005), como dura, podendo assim, dificultar o banho, a lavagem de utensílios domésticos e roupas, criando problemas higiênicos (Braga at. al, 2004).

Nitrato

Os valores de nitrato ficaram abaixo dos valores permitido na portaria 2.914 / 2011 do ministério da saúde, a maioria dos poços apresentaram valores de entre 1,2 e 1,8 mg L. a grande maioria está à margem esquerda do rio Apodi-Mossoró e mais a oeste (FIGURA 8).

O poço PT – 23 instalado no Clube dos Funcionários da Petrobras – CEPE (Aspectro) apresentou o valor de 2,83 mg L, fato que deve haver uma maior preocupação já que no local existe um parque aquático e reduto da população para recreação.

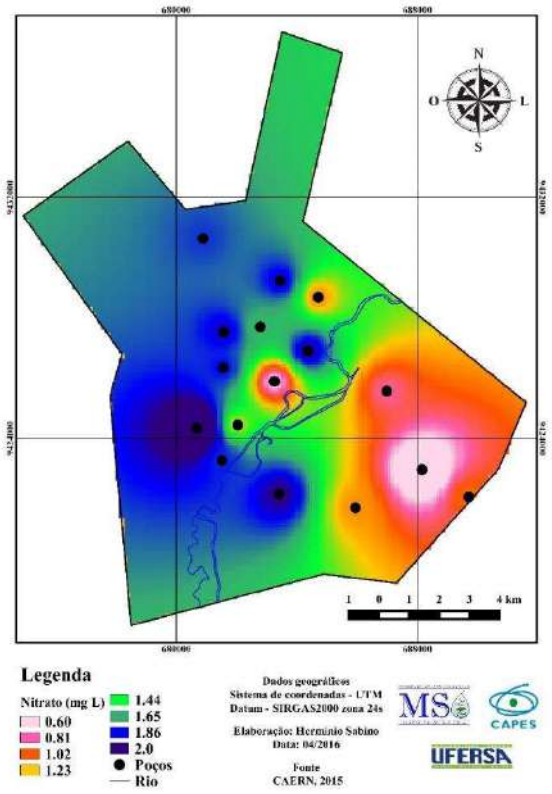


Figura 08: Mapa do nitrato dos poços de abastecimento da zona urbana de Mossoró-RN

O nitrato faz parte do ciclo biogeoquímico do nitrogênio, fazendo parte dos ecossistemas naturais dos seres vivos. Contudo, as altas concentrações de nitrato em água podem trazer riscos à saúde do homem e quase sempre apresentam problemas ambientais (BRASIL, 2004).

Cloretos

Os poços de abastecimento humano na área urbana de Mossoró tiveram valor de cloreto médio 59,61mg L-1, mínimo de 47,68 mg L-1 e máximo 96,62mg L-1, com um CV de 19,59% e desvios padrão 11,68.

Para a região de recarga CPRM e UFRN (2007a) e ANA (2010b), constataram valores de cloreto variando de 14,8 mg L-1 a 2.244,2 mg L-1 com média de 300,2 mg L-1. O cloreto assim como saís de cálcio, sulfatos e nitratos podem interferir e modificar a dureza da água.

Um estudo realizado por Fernandes et al (2005), na região da chapada do Apodi encontraram valores de cloreto variando de 75,9 mg L-1 a 535,7 mg L-1, tento esses valores

comportamentos diferente entre área não irrigada e área irrigada, onde ocorreram os maiores valores.

Tratando de água para o consumo humano, o sabor é a principal limitação. Respeitando os padrões de potabilidade e as classificações das águas subterrâneas, a portaria nº 2.491 MS coloca como sendo valor máximo permitido de 250, mg L-1 para os níveis de cloreto. Águas com teores menores que 250 mg L-1 de cloretos é satisfatória para serviços de abastecimento doméstico (o ideal seria menor que 150mg L-1).

Cloretos dissolvidos na água em excesso pode resultar em um sabor salino na mesma, além de danos em superfícies metálicas (tubos por exemplo). Os seres humanos, em zonas áridas, podem tolerar uma concentração de até 900 mg/L sem nenhum efeito fisiológico adverso, mas o cloreto pode trazer efeito laxativo para as pessoas sem essa tolerância (Dutra, 2013).

Os valores máximos permitidos de cloreto para águas destinadas ao consumo humano é de 250 mg L, portanto todos os poços analisados possuem água com o valor bem abaixo do máximo permitido.

Dois poços (PT -02 E PT – 08) tiveram valores em destaque quando comparados aos demais, pois foram os únicos a apresentarem valores acima de 65 mg L. Os menores valores ficaram localizados na região nordeste do centro urbano e novamente os poços à margem direita apresentaram esses menores valores (Figura 09).

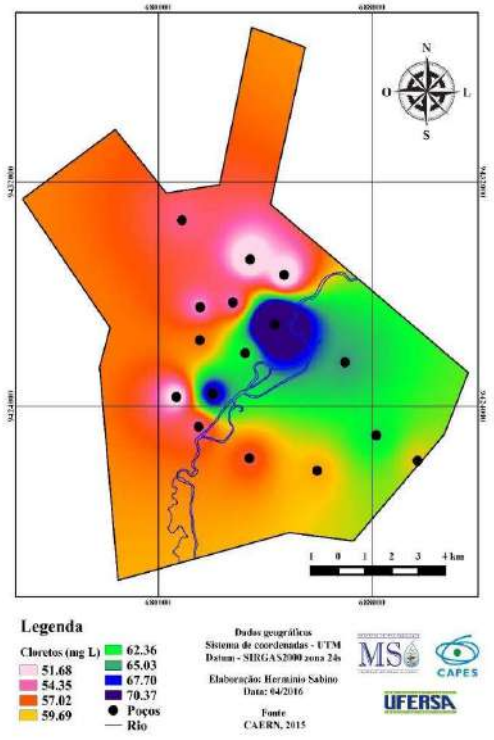


Figura 09: Mapa de cloretos dos poços de abastecimento da zona urbana de Mossoró-RN

Sódio

O sódio estar presente nas rochas ígneas e é liberado durante o processo de intemperismo, o sódio geralmente presente nas águas doces em forma deNa+, suas altas concentrações ocorre em associação com o íon CL (Celligoi, 1999).

O valor médio do sódio nos poços analisados foi de 75,9 mg L-1, com um intervalo variando entre o valor mínimo de 34,44 mg L-1 e máximo de 117 mg L-1, o coeficiente de variação foi classificado segundo Warrick (1998), com sendo médio (31,78 %) e o desvio padrão foi de 24,15. Já ANA (2010b) constatou valores variando entre 13, 1 mg L-1 a 552,3 mg L-1com média de 99.3 mg L-1, mostrando uma maior variação.

Na portaria nº 2.491 MS o valor máximo permitido para sódio é de 200 mg L-1, mas mesmo as análises mostrando valores abaixo, deve-se ter cuidado, pois junto com o cálcio e outros sais, o sódio pode afetar aumentar a alcalinidade e alterar o sabor da água.

Os valores de sódio tiveram uma espacialização bastante interessante (Figura 10), os poços localizados à margem direita do rio apresentaram os valores mais elevados dessa variável, já os poços a esquerda tiveram os menores valores, com exceção do poço PT – 08, que tem valores de sódio semelhantes aos poços à direita do rio.

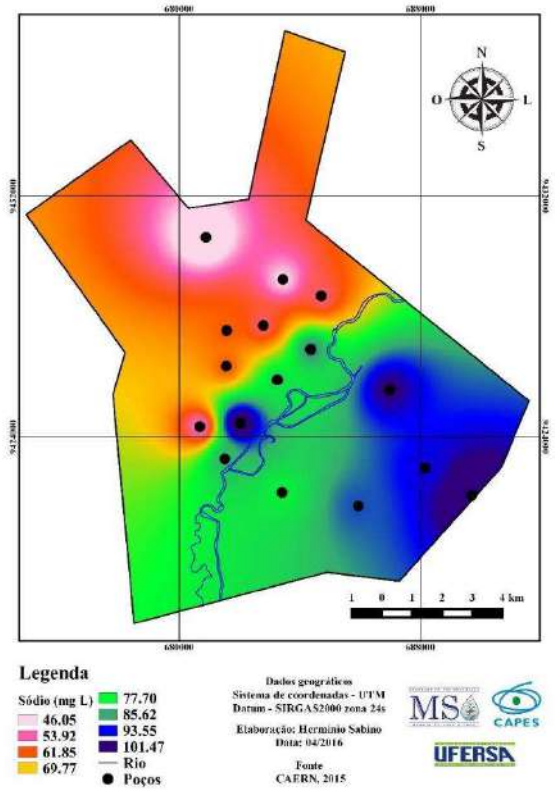


Figura 10: Mapa do sódio dos poços de abastecimento da zona urbana de Mossoró-RN

Concentrações dos constituintes iônicos principais das águas, como sódio, não apresenta perigo direto para a saúde do consumidor, entretanto produzem efeitos organolépticos que podem impossibilitar o consumo das águas (Fenzl, 1988).

pH

Potencial hidrogeniônico (pH) expressa a concentração de íons de hidrogênio (H+) na solução, conferindo a condição ácida ou básica à mesma, dependendo dessa concentração. O pH de um corpo de água é afetado por vários fatores, entre eles: o substrato rochoso e composição do solo por meio do qual a água se move (alguns tipos de rochas como calcário podem neutralizar o ácido, enquanto outros, tais como granito, tem pouco efeito sobre o pH).

Foi observado uma pequena variação aos valores de pH nos 16 poços analisados, com média de 7,46 mg L-1 e valores variando entre 7,2 mg L-1 e 7,8 7,2 mg L-1 e um desvio padrão muito baixo, 0,18. Assim, os poços estudados (16 que fazem o abastecimento urbano de Mossoró) indicam uma tendência de neutralidade em suas águas e ficando dentro do valor máximo permitido na legislação que recomendas águas com pH entre 6 e 9,5. Diferentemente dos resultados encontrados por ANA (2010b) e CPRM e UFRN (2007a) onde o pH variou entre 4,3 mg L-1 e 8,6mg L-1, com valor médio de5,7mg L-1, indicando águas com tendência à acidez. Casos de águas alcalinas relacionam-se à influência das rochas carbonáticas.

O pH é um importante indicador da qualidade da água, uma vez que ele possui uma relação direta com diversos outros elementos. Os valores encontrados nos poços no centro urbano de Mossoró ficaram com média não ultrapassando 7,5 mostrando uma uniformidade do aquífero no qual as águas são capitadas (Figura 11).

Apenas 2 poços apresentaram valores acima de 7,6 de pH, o PT – 06 e o PT – 22, o primeiro localizado à margem esquerda do rio Apodi-Mossoró e o segundo à margem direta do rio.

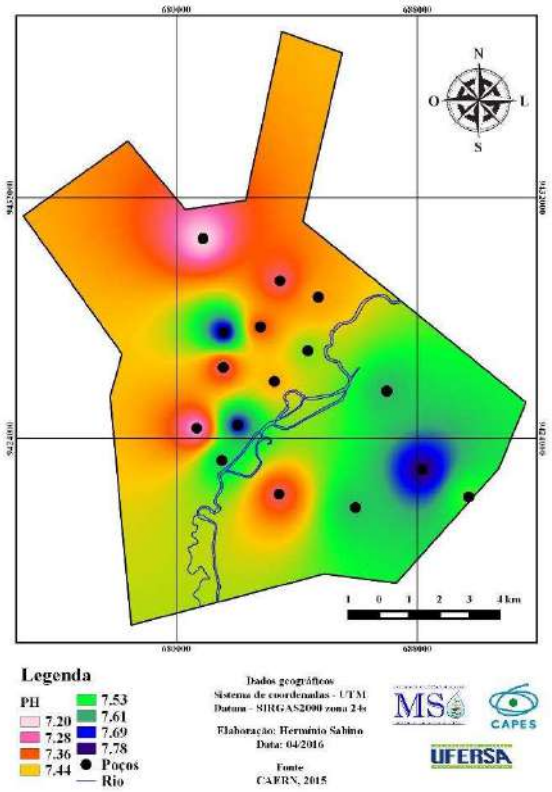


Figura 10: Mapa de pH dos poços de abastecimento da zona urbana de Mossoró-RN

A água com um pH abaixo ou acima do intervalo 6,5 a 9,5 pode levar alguns metais, com os quais entre em contato, a altas concentrações (por exemplo, chumbo e, cobre). Estes são metais que têm efeitos potencialmente nocivos à saúde. Portanto, quanto maior a disponibilidade de H+ (quanto menor o pH), maior a tendência de haver de metais na água (Nelson, 2002).

Conclusões

As águas subterrâneas de um modo geral como é de se esperar não apresentam restrições quanto as suas propriedades físicas, principalmente por se tratar de um aquífero poroso e relativamente profundo como o aquífero Açu.

Todos os valores encontrados nas análises físico-química das águas dos 16 poços ficaram abaixo dos máximos permitidos na Portaria nº 2.194/2011 do Ministério da Saúde enquadradas como adequadas para o consumo humano.

Mesmo como valores dentro do permitido, o poço PT – 02 chamou atenção por apresentar os maiores valores em 2 variáveis estudadas (Nitrato, Cloretos). Evidenciando uma necessidade da realização de um estudo referente as possíveis causas desse fato ocorrer.

O auxílio das geotecnologias facilitou na interpretação dos dados de modo a mostrar de forma rápida a espacialização das variáveis,

através da interpolação e dos mapas, podendo auxiliar nas tomadas de decisões.

Um Sistema de Informações Geográficas - SIG pode melhorar a interpretação das análises do comportamento da qualidade da água dos poços, além de diminuir o tempo gasto e espaço de armazenamento, já que as planilhas de papel seriam substituídas por um banco de dados.

Recomenda-se que a companhia responsável pela distribuição adote medidas que visem a utilização das ferramentas de geotecnologias para o melhoramento da gestão das águas, uma vez que no atual cenário que em que o planeta estar, os recursos hídricos são ainda mais preciosos e de extrema e fundamental importância para o desenvolvimento das atividades humanas.

Agradecimentos

Agradecemos a CAPES, pelo apoio financeiro para o desenvolvimento da pesquisa e a Universidade Federal do Semi-árido – UFERSA por toda a estrutura.

Referências

APHA, 1985. STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 16th ed. Washington.

ANA. Agência Nacional das Águas, 2007. GEO Brasil: recursos hídricos: componente da série de relatórios sobreo estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil. Brasília.

ANA. Agência Nacional das Águas, 2010a. Altas Brasil: abastecimento urbano de água: resultados por estado. Brasília

ANA. Agência Nacional das Águas, 2010b. Avaliação dos Recursos Hídricos Subterrâneos e Proposição de Modelo de Gestão Compartilhada para os Aquíferos da Chapada do Apodi, entre os Estados do Rio Grande do Norte e Ceará. Vol. III – Hidrogeologia. Brasília

Bicudo, C.E.M., Tundisi, J.G., Scheuenstuhl, M.C.B; 2010. Águas do Brasil: análises estratégicas. São Paulo.

Braga, B., Hespanhol, I., 2005. Introdução à Engenharia Ambiental. São Paulo

BRASIL, 2011. Portaria nº 2914/MS de dezembro

BRASIL, 2004. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Vocabulário Básico de Recursos Naturais e Meio Ambiente. Brasília.

Celligoi, A., 1999. Considerações sobre análises química de água subterrânea. Geografia, Londrina, v.8, n.1, 91-97.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2010. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidas / Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: Carlos Jesus Brandão ... [et al.]. -- São Paulo: CETESB; Brasília

CPRM. Companhia de Pesquisa De Recursos Minerais., UFRN. Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte, 2007a. Hidrogeologia do Aquífero Açu na Borda Leste da Bacia Potiguar: Trecho Upanema Afonso Bezerra. Meta C. Caracterização Hidrogeológica dos aquíferos. Recife

CPRM. Companhia de Pesquisa De Recursos Minerais., UFRN. Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte – UFRN, 2007b. Hidrogeologia do Aquífero Açu na Borda Leste da Bacia Potiguar: Trecho Upanema Afonso Bezerra. Meta D. Caracterização Hidroquímica e de Vulnerabilidade. Recife

Dutra, C, 2012. Avaliação hidroquímica dos sitemas aquíderos Guarani e Serra Geral nos municípios de Cambé, Ibiporã, Londrina e Tamarana. Monografia (Bacharel). Londrina, UFPR.

EMPRESA, Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, 2005. Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado do Rio Grande do Norte. Embrapa Solos, UEP Recife.

EMPRESA, Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, 2013. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3 ed. Brasília.

Fenzl, N, (1988). Introdução a Hidrogeoquímica. Universidade Federal do Pará. Belém.

Fernandes, M.A.B., Santiago, M.M.F., Gomes Filho, J.M., Frischkorn, H., Lima, J.O.G de., 2005. Origem dos cloretos nas águas subterrâneas na chapada do Apodi – Ceará. Águas Subterrâneas, v. 19, n. 1. 25-34.

IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), Base de informações do Censo Demográfico 2010: resultados da Sinopse por setor censitário Brasil, 2011. Rio de Janeiro.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015 Base cartográfica integrada digital dos municípios brasileiros. Rio de Janeiro.

IDEMA - Instituto De Desenvolvimento Sustentável E Meio Ambiente Do Rio

Grande Do Norte, 2008. Perfil do seu município – Mossoró. Natal.

Libânio, M., 2005. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Átomo, Campinas.

Marcuzzo, F. F. N., Andrade, L. R. de., Melo, D. C. R., 2011 Métodos de Interpolação Matemática no Mapeamento de Chuvas do Estado do Mato Grosso. Revista Brasileira de Geografia Física 04, 793-804.

Nelson, D., 2002. Natural Variations in the Composition of Groundwater. Drinking Water Program. Presented at Groundwater Foundation Annual Meeting Oregon. Department of Human Services. Springfield, Oregon.

Santos, W. O., Barreto, H. B. F., Costa, F. G. B., Freite, F. G. C., Espínola Sobrinho, J., Costa Neto, C. M. da., Caracterização da velocidade média dos ventos na região de Mossoró-RN, 2012 In: I INOVAGRI International Meeting & IV Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação - WINOTEC, 2012, Fortaleza-CE. anais do IV INOVAGRI International Meeting & IV Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação – WINOTEC. Disponível: http://www.inovagri.org.br/meeting2012/wpcontent/uploads/2012/06/Protocolo049.pdf. Acesso 20 jun 2016

Santos, S. C. C dos., Silva, N. M da., Gorayeb, A. C. C., Pereira, L., 2009. Condições ambientais da fonte hídrica do município de Bragança Amazônia Oriental – Brasil. Caminhos de Geografia Uberlândia v. 11, n. 36, 100 – 112.

Scuracchio, P. A.; Farache Filho, A, 2011. Qualidade da água utilizada para consumo em escolas e creches no município de São Carlos – SP. Alim. Nutr., Araraquara v. 22, n. 4, p. 641-647, out./dez.

Souza, Israel de Macedo., Rocha, V.A.G.M.R., Araújo, John Kenedy., 2011. Descrição do sistema de abastecimento de água da cidade de Mossoró-RN. XVIII Simpósio Brasileiro de recursos hídricos. Disponível: https://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/e083033ade218d5c8efd2fa13721f4f0_7d6bd2a07d9810e164dc8d55e7a436fc.pdf. Acesso em 12/01/2015

Tsutiya, Milton Tomoyuki, 2006. Abastecimento de água. 3ª edição. São Paulo

Warrick, A. W., Nielsen, D. R, 1998. Spatial variability of soil physical properties in the field In: Hillel, D. Applications of soil physics. New York: Academic. 319-344.

Índice de área verde e de cobertura vegetal no perímetro urbano central do município de Mossoró-RN

Green area index and vegetation cover in the urban central perimeter of the city of Mossoró-RN

Luiz E. V. de Arruda [1], Paulo R. de S. Silveira[2], Hudson S. M. Vale[2], Paulo C. M. da Silva [3]

RESUMO – Estudar a qualidade ambiental e de vida dos habitantes constitui um importante instrumento de análise das condições socioambientais de uma população de um determinado local. O presente trabalho teve como objetivo analisar o índice de área verde, índice de cobertura Vegetal e o percentual de cobertura vegetal no perímetro urbano central do município de Mossoró-RN. Foram utilizadas técnicas de geoprocessamento e análise espacial com base em informações geográficas (SIG), a partir de dados cadastrais obtidos através de imagens gratuitas de satélites e processadas por softwares gratuitos obtidos junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Foi constatado um IAVT, para o perímetro central urbano de Mossoró, de 0,57m²/hab, ICV de 9,57m²/hab e para o PCV foi determinado o valor de 6,90%. O município precisa reforça a idéia da necessidade de uma política de arborização municipal, em virtude de, propiciar melhores condições socioambientais para seus habitantes.

Palavras-chave: qualidade de vida, SIG, cobertura vegetal

SUMMARY - Studying the environmental quality of life for residents and is an important tool for analysis of social and environmental conditions of a population of a given location. This study aimed to analyze the Green Area Index, Vegetation Cover Index and Percentage of Vegetation Cover in the urban core of the Mossoró-RN. We used geoprocessing techniques and spatial analysis based on geographic information (SIG), as of registration data obtained from satellite images and processed free by free software obtained from the National Institute for Space Research (INPE). There is an evident IAVT, central to the boundaries of urban Mossoró, of 0,57m²/inhabitant, ICV of 9,57 m²/inhabitant and the PCV was determined value of 6,90%. The municipality needs reinforces the idea of the need for a policy of municipal trees, because, provide better environmental conditions for its inhabitants.

Keywords: quality of life, SIG, vegetation cover

*autor para correspondência
[1] Engenheiro Agrícola e Ambiental, Mestrando em Manejo de Solo e Água, Bolsista CAPES, UFERSA, Mossoró-RN, E-mail:luizengeaa@hotmail.com.
[2] Engenheiro Agrícola e Ambiental, Mestrando em Manejo de Solo e Água, Bolsista CAPES, UFERSA, Mossoró-RN.
[3]Engenheiro Agrônomo/ESAM; Mestre em Eng. Agrícola; Dr. Em Recursos Naturais, E-mail: paulo.moura@oi.com.

INTRODUÇÃO

O município de Mossoró, nos últimos anos, passou por transformações significativas na sua estrutura populacional, acompanhando, as tendências impostas pelo processo de transição acelerada da dinâmica demográfica em curso no país, como um todo, desde a década de 1970. Tal processo de transição demográfica repercute sobre as condições sociais e demográficas da população brasileira, tanto em nível regional, estadual e municipal.

Estudar a qualidade ambiental e a qualidade de vida dos habitantes constitui um importante instrumento de análise das condições socioambientais de uma população de um determinado local. Os elementos naturais intra-urbanos, especialmente a vegetação, são considerados, por diversos pesquisadores, como importantes indicadores para qualidade de vida e saúde da população. Na maioria dos trabalhos científicos a técnica utilizada para quantificação e avaliação da vegetação urbana tem sido a elaboração de índices.

Para Nucci (2001), o verde urbano deve cumprir três funções essenciais: a estética, ecológica e o lazer, as quais são indispensáveis para assegurar a qualidade ambiental das cidades, uma vez que, as áreas verdes estabilizam as superfícies por meio da fixação do solo pelas raízes das plantas; reduz a velocidade do vento; protegem a qualidade da água, pois impedem que substâncias poluidoras escorram para os rios; filtram o ar, reduzindo os poluentes; diminuem a poeira em suspensão; e equilibram os índices de umidade no ar.

Áreas verdes urbanas são locais que têm por características serem abertas e acessíveis; relacionados com saúde e recreação ativa e passiva e proporcionam interação das atividades humanas com o meio ambiente (DEMATTÊ, 1997).

A qualidade e a quantidade, juntamente com as características da cobertura vegetal oferecem importantes parâmetros para a avaliação da qualidade ambiental urbana (LUZ & RODRIGUES, 2007).

Um dos indicadores mais utilizados é o Índice de Áreas Verdes (IAV). Toledo & Santos (2008) consideram que "em termos gerais, o índice de áreas verdes é aquele que denota a quantidade de espaços livres de uso público, em km^2 (quilômetro quadrado) ou m^2 (metro quadrado) dividido pela quantidade de habitantes de uma cidade".

Outro índice que pode ser gerado é o índice de cobertura vegetal em área urbana. Para obtenção desse índice é necessário o mapeamento de toda cobertura vegetal de um bairro ou cidade e posteriormente quantificá-la em m² ou km². Conhecendo-se a área total estudada, também em m² ou km², chega-se posteriormente à porcentagem de cobertura vegetal que existe naquele bairro ou cidade.

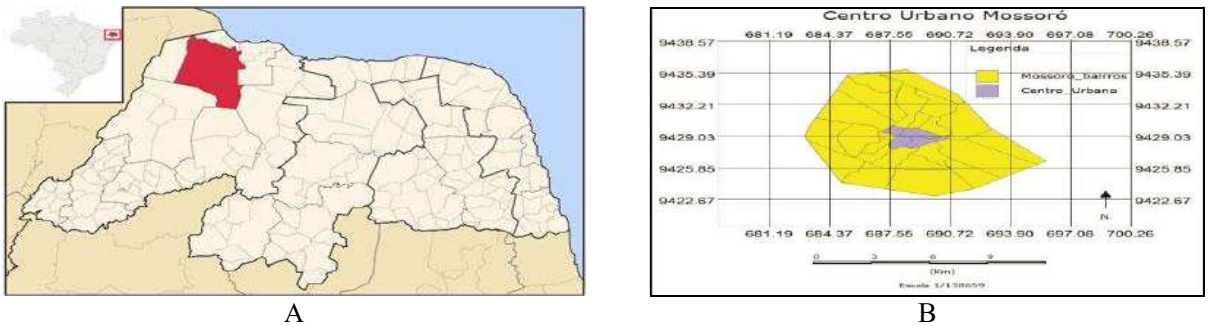
Segundo Cavalheiro e Del Piccha (1992), a ONU (Organização das Nações Unidas), a FAO (Organização de Alimentação e Agricultura) e a OMS (Organização Mundial de Saúde) recomendam que as cidades devam dispor de no mínimo 12m2 de cobertura vegetal/habitante, considerando um valor ideal para melhoria da qualidade de vida da população.

No entanto, a Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU) propôs um valor diferente, recomendando a ocorrência de no mínimo $15m^2$ de cobertura vegetal/habitante, considerando um índice adequado para que as áreas verdes públicas possam cumprir as funções essenciais e contribuir para o desenvolvimento das atividades humanas. Assim, a proposta da SBAU foi utilizada como referencial nesta pesquisa.

O presente trabalho teve como objetivo analisar o índice de área verde total (IAVT), o índice de cobertura vegetal (ICV) e o percentual de cobertura vegetal (PCV) públicas do perímetro urbano central do município de Mossoró-RN, o qual engloba os bairros Centro, Doze Anos, Alto da Conceição e Ilha de Santa Luzia, avaliando sua influência na qualidade do ambiente urbano e de vida da população, através do levantamento da área urbana e da cobertura vegetal, realizada por meio de imagens de satélites.

MATERIAL E MÉTODOS

O Município de Mossoró localiza-se a 5º11´15´´ de latitude sul e 37º20´3´´ de longitude oeste e altitude de 16 metros, tem área de 2.099,333 km2 e está situado na região noroeste do Estado do Rio Grande do Norte, a 245,6 km da capital. As Figuras 1A e 1B representam respectivamente a localização do município de Mossoró e suas delimitações, destacando os bairros em estudo.



A B

Figura 1. Localização do município de Mossoró-RN (A); área urbana e detalhe dos bairros analisados (B)

O clima predominante é o semiárido e, segundo a classificação de KÖPPEN, do tipo BSw´h´, ou seja, seco, muito quente, com a estação chuvosa concentrada entre o verão e o outono, apresentando estação seca de 8 a 9 meses, com regime de chuvas irregulares. Possui temperatura média de 27,4 ºC e umidade relativa do ar de 70% (IDEMA, 2000).

Devido às características do clima da região como chuvas irregulares e escassas, forte insolação e elevadas taxas de evaporação e evapotranspiração, a vegetação caatinga predomina em sua totalidade no Rio Grande do Norte, estando bem representada por três tipos fitofisionômicos: hiperxerófila – mais seca, mais densa e de maior porte arbóreo, arbóreo-acentuado grau de xerofitismo, ou seja, vegetação seca, rala, de porte baixo, solo pedregoso, raso e pouco fértil; e, a hipoxerófila – vegetação de menor porte, densidade e menos seca ocupando cerca de 20% da área total do Estado (IDEMA, 1999).

No município de Mossoró-RN foram encontradas na Bacia Hidrográfica, a nível fisionômico, três formas de espécies: árvore, arbusto e erva. Em relação à florística do município destacam-se os carnaubais na composição das matas ciliares. A vegetação arbustiva predomina apresentando-se pouco densa e a flora da caatinga apresentando-se bastante escassa (SOUSA, 2006).

No censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística de 2010 (IBGE) Mossoró apresenta população de 259.815 habitantes. Segundo dados do município, a população rural conta com 22.574 habitantes (8,68%) e a urbana com 237.241 habitantes (91,32%) em 2010. Apresenta densidade demográfica de 123,76 hab/km^2. A cidade possui 27 bairros.

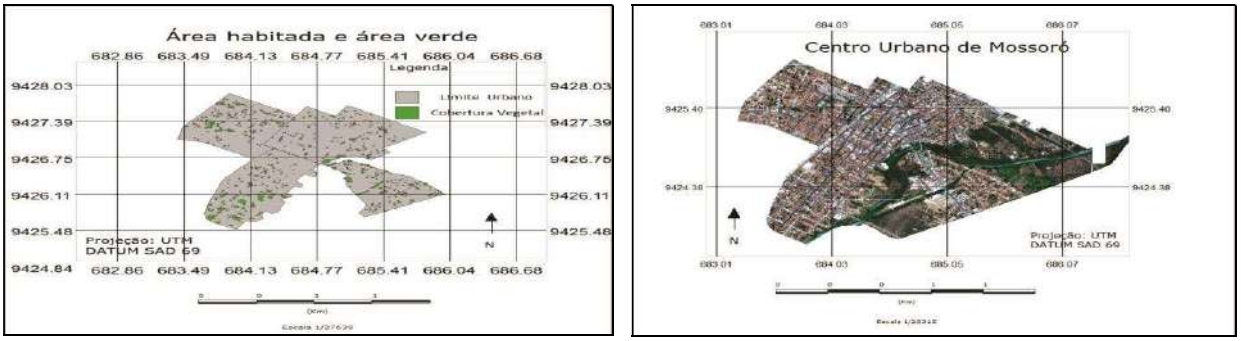
Procedimentos

Os levantamentos foram realizados no perímetro urbano da cidade de Mossoró, nos bairros Centro, Alto da Conceição, Doze Anos e Ilha de Santa Luzia, por serem os locais de maior circulação de pessoas. Os dados foram coletados entre os meses de novembro e dezembro de 2012.

Foram utilizadas imagens do satélite IKONOS II de 2010, capturadas no site GOOGLE EARTH, com resolução (1 x 1 m), do centro urbano de Mossoró, cobrindo toda a área de estudo com projeção UTM, Zona 24S, Datum SAD 69.

As imagens foram salvas no formato tiff exportadas para o software Spring 5.2.1, onde foram georeferenciadas e consequentemente exportadas para o software Terra View 4.2, onde foram unidos e delimitados os limites do perímetro dos bairros. No ArcView GIS 3.2 procedeu a delimitação as áreas verdes.

Os programas Terra View e o Springforam fornecidos gratuitamente, pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e adequados para este tipo de pesquisa.Com o programa ArcView GIS 3.2,pode-se gerar relatórios de quantificação linear (m e/ou km) e área (m² ou km²) permitindo também medir a extensão e a área das faixas de vegetação intra-urbana (Figura 2).



A B

Figura 2. Delimitação da área habitada e cobertura vegetal (A); limite urbano estudado (B)

Índices calculados

Para calcular o índice de área verde total, de cada bairro do município de Mossoró, foi considerado o somatório das áreas verdes das praças dos bairros, expresso em metro quadrado (m2), dividido pelo número de habitantes da área.

Índice de Área Verde Total (IAVT)

$$IAVT = \frac{\sum \text{das área verdes totais das praças } (m^2)}{\text{nº de habitantes dos quatro bairros}}$$

Para determinação do índice de cobertura vegetal foi considerado o somatório das áreas de copa (m²) dos bairros, dividido pelo número de habitantes da área do centro urbano (HARDER et al., 2006).

Índice de Cobertura Vegetal (ICV)

$$ICV = \frac{\sum \text{área das copas } (m^2)}{\text{nº de habitantes dos quatros bairros}}$$

O percentual de cobertura verde para os quatro conjuntos foi obtido a partir do somatório das áreas das copas das árvores dos bairros, dividido pela área total dos quatro conjuntos e o resultado multiplicado por cem.

Percentual de Cobertura Vegetal (PCV)

$$PCV = \frac{\sum \text{área das copas } (m^2)}{\text{Área total dos quatro bairros}} \times 100$$

Utilizou-se, estatística descritiva com média das áreas, além do uso de tabelas para expressar os resultados obtidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O índice de áreas verdes públicas é um indicador socioambiental que exprime a relação entre a área cobertura vegetal dos espaços públicos com o adensamento populacional de cada bairro da cidade, sendo resultante da quantificação do valor médio da área de copa das árvores existentes pelo número de habitantes.

Quanto maior a densidade demográfica de um bairro (ou de uma cidade), indubitavelmente, maior será a necessidade de ampliação da cobertura vegetal através do plantio de indivíduos arbóreos com potencial de sombreamento, a fim de que se obtenha um IAV/hab favorável à melhoria da qualidade de vida da população. Na Tabela1, observa-se a área verde total e o número de habitantes distribuídos nos diferentes bairros levantados.

Tabela 1. Áreas determinadas no estudo de cada bairro estudado no município de Mossoró-RN

Bairro	Área do bairro (m²)	Área das praças (m²)	Área verde do bairro (m²)	Área verde das praças(m²)
Centro	919.503,14	28.770,97	39.023,86	7.310,31
Doze Anos	712.188,72	9.717,90	47.121,74	1.750,45
Alto da Conceição	823.672,68	6.366,74	66.282,35	1.945,46
Ilha de Santa Luzia	514.605,14	4.562,34	52.738,65	1.305,72
Total	2.969.969,68	49.417,95	205.166,60	12.311,94

A área total de copa encontrada para o perímetro urbano central foi de205.166,60m². De acordo com a Tabela 2, foi obtido o IAVT de 0,57m² de copa/habitantes da área urbana valor próximo ao encontrado por Harderet al. (2006), em trabalho realizado no município de Vinhedo-SP, que encontrou o valor de 2,19m²/hab^{-1} de índice de áreas verdes. Pode-se observar que o índice de Mossoró está muito aquém do mínimo de 15 m²/hab para áreas verdes públicas, conforme sugerido pela SBAU (1996). Os baixos índices de áreas verdes encontrados se justificam pela política de embelezamento da cidade adotada pelos governantes, que visam o predomínio da impermeabilização das praças e canteiros e juntamente com as altas temperaturas registradas na localidade, as tornam subutilizadas.

Tabela 2. Índice Área Verde Total do centro urbano de Mossoró-RN

População Estimada em 2012 para os quatro bairros(hab)	IAVT (m²/hab)
21.433	0,57

*IAVT, Índice de Área Verde Total

A Tabela 3 apresenta o valor do índice de cobertura vegetal (9,57 m²/hab) para o centro urbano de Mossoró. Harder (2002) determinou para o Município de Vinhedo um ICV de 0,55 m² de copa em praças/habitantes da área urbana e nos conjuntos Dirceu Arcoverde I e Dirceu Arcoverde II, Teresina-PI foi encontrado um valor de 0,47 m² de copa em praças/habitantes das áreas dos dois conjuntos (CARVALHO et al., 2007).

Tabela 3. Índice de Cobertura Vegetal do centro urbano de Mossoró-RN

População Estimada em 2012 para os quatro bairros(hab)	Área verde Total (m²)	ICV(m²/hab)
21.433	12.311,94	9,57

*ICV, Índice de Cobertura Vegetal

Para o percentual de cobertura vegetal (PCV) foi encontrado o valor de 6,90% (Tabela 4), inferior ao valor mínimo recomendável de arborização,Segundo Lombardo (1985), o recomendável para proporcionar um adequado balanço térmico em áreas urbanas seria de 30%, valores abaixo de 5% se assemelham a características climáticas de regiões desérticas. Pode-se observar através do PCV que os valores estão muito aquém do recomendado. Isso reforça a idéia da necessidade de uma política de arborização municipal em virtude, principalmente, das altas temperaturas e sensações térmicas diárias.

Tabela 4. Percentual de Cobertura Vegetal do centro urbano de Mossoró-RN

Área total dos bairros (m²)	PCV (%)
2.969.969,68	6,90

*PCV, Percentual de Cobertura Vegetal.

CONCLUSÕES

1. O índice de área verde determinado na pesquisa para o centro urbano de Mossoró foi de 0,57m²/hab.
2. Para o índice de cobertura vegetal e percentual de cobertura vegetal foram determinados respectivamente 9,57m²/hab e 6,90%.
3. O método adotado para determinação dos índices foi satisfatório, pois, pode-se ter uma idéia bastante aproximada da real situação encontrada no local, como também, pelo baixo custo para realização do trabalho.
4. O município precisa reforça a idéia da necessidade de uma política de arborização municipal, em virtude de, propiciar melhores condições socioambientais para seus habitantes.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, A. S. RODRIGUES, A. M. D. BRITO, J. S.Índices De Área Verde E Cobertura Vegetal Das Praças Dos Conjuntos Dirceu Arcoverde I E Dirceu Arcoverde II, Teresina-Pi. In: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, II., 2007, João Pessoa. Anais... João Pessoa. 2007.

CAVALHEIRO, F., DEL PICCCHIA, P. C. D. Áreas verdes: conceitos, objetivos e diretrizes para o planejamento. In: IV ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 1992, Vitória. Anais... Vitória, 1992, p. 29-38.

DEMATTÊ, M. E. S. P. Princípios de Paisagismo. Jaboticabal: Funep, 1997.

HARDER, I. C. F. Inventário quali-quantitativo da arborização e infra-estrutura das praças da cidade de Vinhedo (SP). Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

HARDER, I. C. F.; RIBEIRO, R. de C. S.; e TAVARES. Índice de área verde e cobertura vegetal para as praças do município de Vinhedo-SP. Revista Árvore, v.30, n.2, p.277-282. 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. http://www.ibge.gov.br (24 de nov. de 2012).

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. http://www.inpe.br(20 de out. de 2012).

LOMBARDO, M. A. Ilha de calor nas metrópoles: O exemplo de São Paulo. São Paulo: Hucitec, 1985.

LUZ, L. M. & RODRIGUES, J. E. C. 2007, `Mapeamento da cobertura vegetal da área central do município de Belém – PA, através de sensores remotos de base orbital (sensor TM, LANDSAT 5 e sensor CCD, CBERS 2)´,

NUCCI, J. C. Qualidade ambiental e adensamento urbano: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP). São Paulo: USP,FFLCH, 2001. 236 p.

Prefeitura Municipal de Mossoró. Plano Diretor de Mossoró, Lei Complementar nº. 012/2006.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ARBORIZAÇÃO URBANA – SBAU. "Carta a Londrina e Ibiporã". Boletim Informativo, v.3, n.5, p.3, 1996.

SOUSA, Adjane Monique. Levantamento E Preservação de Espécies Nativas da Caatinga-Bacia Hidrográfica do Apodí-Mossoró. In: XIII Encontro de Pesquisa e Extensão da UERN – ENCOPE, 2006.

TOLEDO, F.S; SANTOS, D. G. Espaços Livres de Construção. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, Piracicaba-SP, v.3, n1, p. 73-91, mar. 2008.

ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Uso e ocupação do solo na Reserva Faunística Costeira de Tibau do Sul (REFAUTS), Rio Grande do Norte, Brasil (1984 - 2015)

Diana Carvalho de Freitas , Paulo César Moura da Silva , Vitor de Oliveira Lunardi[3], Josivânia Emanuelly Azevedo dos Santos[4], Diana Gonçalves Lunardi[5]

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, RN, Brasil. Autor correspondente: E-mail: dcrvfreitas@gmail.com. Docente do Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, RN, Brasil. E-mail: paulo.moura@ufersa.edu.br. Docente do Programa de Pós-Graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade e Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, RN, Brasil. E-mail: lunardi.vitor@ufersa.edu.br. [4]Discente do Laboratório de Ecologia Evolutiva e Molecular, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, RN, Brasil. E-mail: emanuelly.josivania@gmail.com. [5]Docente do Programa de Pós-Graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, RN, Brasil. E-mail: lunardi.diana@ufersa.edu.br.

Artigo recebido em 03/11/2016 e aceito em 24/11/2016

R E S U M O

A Reserva Faunística Costeira de Tibau do Sul (REFAUTS), praia de Pipa, RN, vem sofrendo transformações quanto ao uso e ocupação do solo, como consequência do crescimento turístico na região. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o uso e ocupação da REFAUTS ao longo de quatro décadas. Foram utilizadas quatro imagens de satélite dos anos 1984, 1994, 2004 e 2015. Estas foram classificadas tematicamente de acordo com categorias predeterminadas (água, vegetação arbórea, vegetação herbácea e edificações/solo exposto). Adicionalmente, foram registrados os empreendimentos turísticos na Zona de Uso Restrito e Controlado da Reserva. A partir da análise temporal, verificou-se que a REFAUTS, com apenas 555 km^2 de área total, sofreu impactos ambientais negativos. De 1984 a 2015, a porcentagem de área ocupada por vegetação arbórea foi reduzida em 0,57% e por vegetação herbácea, 4,33%. Entretanto, a área ocupada por edificações/solo exposto aumentou em 4,49%. Foram registrados em 2015 cerca de 29 empreendimentos comerciais operando na Zona de Uso Restrito e Controlado da Reserva. Dessa forma, torna-se necessário o ordenamento do uso e ocupação do solo na REFAUTS, que possui áreas frágeis como falésias, e ecologicamente relevantes, como remanescentes de restinga e Mata Atlântica.

Palavras-chave: boto-cinza; Pipa; planejamento ambiental; *Sotalia guianensis*.

Land use and occupation at Coastal Wildlife Reserve of Tibau do Sul (REFAUTS), Rio Grande do Norte, Brazil (1984 – 2015)

A B S T R A C T

The Coastal Fauna Reserve of Tibau do Sul (REFAUTS), Pipa beach, RN, has been suffering transformations in the use and occupation of the soil, as a consequence of the tourist growth in the region. Thus, the objective of this study was to evaluate the use and occupation of REFAUTS over four decades. We used four satellite images from the years 1984, 1994, 2004 and 2015. These images were thematically classified according to predetermined categories (water, tree vegetation, herbaceous vegetation and buildings/ exposed soil). Additionally, we recorded commercial enterprise in Restricted and Controlled Use Zone of the Reserve. From the temporal analysis, we recorded that REFAUTS, with only 555 km2 of total area, suffered negative environmental impacts. From 1984 to 2015, the percentage of area occupied by tree vegetation was reduced by 0.57% and by herbaceous vegetation, 4.33%. However, the area occupied by buildings/exposed soil increased by 4.49%. We registered in 2015 about 29 commercial enterprise operating in the Restricted and Controlled Use Zone of the Reserve. Thus, it is necessary to organize the use and occupation of the soil in the REFAUTS, which has fragile areas such as cliffs, and ecologically relevant, such as remnants of restinga and Mata Atlântica.

Keywords: Guiana dolphin; Pipa; environmental planning; *Sotalia guianensis*.

Introdução

A atividade turística em Unidades de Conservação (UC's) costeiras e marinhas pode contribuir para a proteção continuada destes ambientes, agregando valor econômico para as

espécies endêmicas ou em risco de extinção (e.g., Queiroz, 2005; Oliveira et al., 2010). Adicionalmente, o turismo nestas áreas também tem sido associado à distribuição de renda, permitindo que haja maior divisão de recursos e ampliação da atividade econômica, já que pessoas com maior poder aquisitivo se deslocam de centros urbanos para locais turísticos, menos desenvolvidos, em busca de lazer (e.g., Di Ciommo, 2007; Oliveira et al., 2010). Por outro lado, há também estudos que apontam que a indústria do turismo tem causado grandes transformações nas paisagens naturais de UC's, por meio do uso e ocupação desordenada do solo (e.g., Santos e Vilar, 2013; Lopes, 2011). Por se tratar de uma atividade que interfere no espaço físico, por exemplo, com a construção de obras de infraestrutura, a indústria do turismo tem sido responsável por uma série de impactos negativos causados ao ambiente (Domiciano e Oliveira, 2012), incluindo a perda de cobertura vegetal e de biodiversidade. A atividade turística, ao interferir na paisagem e na biodiversidade local, modifica-os, podendo contribuir para o empobrecimento biológico, ecológico, paisagístico e cênico. Se por um lado o turismo age como impulsionador da economia local, por outro, pode transformar a paisagem, alterando a dinâmica dos ecossistemas (Melo et al., 2005).

A Praia de Pipa é considerada um dos destinos mais procurados na região Nordeste e o segundo destino turístico mais procurado no estado do Rio Grande do Norte (Demajorovic et al., 2011; Silva e oliveira, 2013). O turismo em Pipa iniciou-se a partir dos anos 1970, com a chegada de veranistas e surfistas, ocorrendo sua internacionalização na década de 1990 (Gonçalves, 2014). A crescente atividade turística na praia de Pipa tornou-se um agente de transformação social, econômica e ambiental, resultando em grandes transformações nos espaços territoriais. Com a construção de hotéis, pousadas, restaurantes, bares, shoppings, resorts e quiosques, os espaços antes ocupados pela população nativa passaram a ter importância econômica para a atividade turística (Andrade, 2015). O aumento da atividade turística que ocorreu em Pipa se deu de forma acelerada e sem nenhum planejamento urbano e/ou ambiental adequado, resultando em construções irregulares e urbanização desordenada (Araújo, 2007). A expansão do turismo em Pipa, relacionada à ocupação desordenada das falésias, tem causado problemas ambientais, que junto com os processos erosivos naturais, como a chuva e o avanço do mar, tornou essa área um local de risco (Scudelari et al., 2005). Adicionalmente, Pipa concentra uma importante amostra de biodiversidade marinha sensível ao turismo, sendo representada principalmente pela tartaruga-de-pente, *Eretmochelys imbricata*, classificada como 'criticamente ameaçada' e pelo boto-cinza, *Sotalia guianensis*, classificado como 'vulnerável' pela Lista de Espécies Ameaçadas de Extinção do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2014). Com o intuito de proteger essas e outras espécies da fauna marinha local, que utilizam a área para alimentação, repouso, reprodução ou berçário, a Prefeitura Municipal de Tibau do Sul criou a Reserva Faunística Costeira de Tibau do Sul (REFAUTS) por meio do Decreto n^0 14/2006 (Tibau do Sul, 2006).

A REFAUTS é uma UC de uso sustentável localizada na praia de Pipa e inclui um território marinho e uma faixa terrestre, abrangendo as enseadas do Madeiro e dos Golfinhos (Tibau do Sul, 2006). Na REFAUTS, o Turismo de Observação de Cetáceos (TOC) teve inicio a partir de 1999, quando a primeira embarcação turística iniciou os passeios para as enseadas do Madeiro e dos Golfinhos (Carrera, 2004). Houve, desde então, um aumento gradativo do número de embarcações turísticas licenciadas na REFAUTS, atualmente sendo composta por 11 embarcações – nove lanchas, um catamarã e uma escuna. O TOC na REFAUTS ocorre ao longo de todo ano, sendo intensificado no verão, nos finais de semana e feriados nacionais (Obs. Pess.). Tendo em vista a necessidade de investigar a dinâmica de ocupação histórica espacial da REFAUTS e ainda de subsidiar o Plano de Manejo desta Reserva, o objetivo deste estudo foi avaliar o uso e ocupação da REFAUTS e de seu entorno, ao longo de uma série temporal de quatro décadas, utilizando ferramentas de geoprocessamento. A utilização de instrumentos que possibilitam o acompanhamento da evolução no uso e ocupação do solo são importantes ferramentas para identificar áreas de interesse ecológico que sofreram alterações significativas. Por outro lado, o mapeamento de áreas frágeis permite ao poder público estabelecer limites de crescimento urbano e de exploração dos espaços, levando em consideração a capacidade suporte da área alvo. Dessa maneira, conhecer a dinâmica e ocupação histórica de uma região é de fundamental importância para que futuramente haja ordenamento e direcionamento do crescimento urbano da área (Silva e Oliveira, 2013).

Material e métodos

A REFAUTS (53°05'31,2"O/ 6°11'13,2"S) está localizada no município de Tibau do Sul e dista aproximadamente 80 km de Natal, capital do estado. A REFAUTS abrange uma

área de 555 km de Zona de Uso Restrito e Controlado (ZUR e ZUC), compreendendo as enseadas do Madeiro e dos Golfinhos. A Zona de Amortecimento (ZA) compreende uma área de 5.356 km , que abrange a praia de Cacimbinhas e uma parte da Lagoa Guaraíras (Tibau do Sul, 2006). O clima local é classificado como tropical chuvoso, com temperatura média anual de 25°C (EMPARN, 2014). A região é caracterizada pela presença de falésias, dunas, praias arenosas e arenitos de praia (Scudelari et al., 2005) e a vegetação é formada por floresta subcaducifólia, manguezais e tabuleiros litorâneos (IDEMA, 2008).

Para a avaliação do uso e ocupação do solo na REFAUTS, foram obtidas quatro imagens do Satélite Landsat, adquiridas por meio dos sites do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (www.inpe.br) e do United States Geological Survey (USGS) (www.usgs.gov). As quatro imagens estão datadas nos anos de 1984 (Landsat 5, data da imagem: 17 de novembro de 1984), 1994 (Landsat 5, 05 de maio de 1994), 2004 (Landsat 5, 14 de abril de 2004) e 2015 (Landsat 8, 06 de outubro de 2015). Também foram obtidas duas composições de imagens de uma série histórica (2002 e 2015) disponibilizadas pelo programa Google Earth.

Adicionalmente, foram realizadas duas expedições à área de estudo nos meses de setembro de 2014 e março de 2015, com o intuito de registrar as coordenadas geográficas e vistoriar elementos ambientais e turísticos da REFAUTS, utilizando-se de um GPS Garmim® Etrex 30. Para a caracterização socioeconômica, que envolve a atividade turística da REFAUTS, foram georeferenciados os empreendimentos hoteleiros, alimentícios e de lazer inseridos na área da Reserva.

Com o auxílio do Software TERRAVIEW 4.2.2 foi possível realizar a delimitação de um buffer, com área total de 3.000 m, ao redor da área de Uso Restrito e Controlado da Reserva. A área compreendida pelo buffer (69,31 km) abrange a ZUR, a ZUC e parte da ZA da REFAUTS. O buffer foi classificado tematicamente com o auxílio do programa SPRING 5.1.8 e os mapas foram confeccionados por meio do software QGIS 2.10.1. A projeção utilizada foi a UTM e o datum foi o WGS84. No SPRING, foi realizado o cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) (C=Ganho*(A/B)+offset). Após o cálculo do NDVI, foi feito a classificação supervisionada, na qual foram mapeados os seguintes elementos: vegetação arbórea, vegetação herbácea, água e edificações/solo exposto que margeiam a REFAUTS, em 1984, 1994, 2004 e 2015. Posteriormente, a imagem gerada no programa SPRING foi exportada como arquivo 'tiff/geotiff'. Já no QGIS foi possível importar a imagem gerada e confeccionar os mapas temáticos para análise de uso e ocupação do solo compreendido pelo entorno da Reserva. Finalmente, foram gerados quatro mapas temáticos sobre o grau de intensidade da atividade turística na REFAUTS ao longo de quatro décadas, de acordo com as categorias de zoneamento da Reserva. Nas imagens obtidas pelo google Earth, foi possível visualizar a evolução do uso e ocupação das enseadas do Madeiro e dos Golfinhos por empreendimentos turísticos localizados na faixa de praia.

Resultados

A criação de um buffer de 3.000 m ao redor da REFAUTS possibilitou a análise das mudanças ocorridas no uso e ocupação do solo em 1984, 1994, 2004 e 2015, resultantes do aumento da atividade turística na praia de Pipa. O buffer criado tem uma área total de 69,31 km . Em 1984, a área ocupada por vegetação arbórea era de 8,63 km , passando a 9,33 km em 1994 e finalmente 8,26 km em 2015. Ao longo de quatro décadas, houve uma redução de 0,57% de área ocupada por vegetação arbórea (Figura 1-4 e Tabela 1). A vegetação herbácea em 1984 ocupava uma área de 16,71 km , sendo reduzida a 13,70 km em 2015 e representando uma supressão de 4,33% de área em quatro décadas (Figura 1-4 e Tabela 1). Já a área ocupada por edificações/solo exposto aumentou em 4,49%, já que ocupava uma área de 4,87 km em 1984, apresentando um aumento substancial no ano de 1994 (10,95 km) e por fim 7,98 km em 2015 (Figura 1-4 e Tabela 1).

Em 2015, nós registramos 29 empreendimentos comerciais operando na enseada do Madeiro e cinco, na enseada dos Golfinhos. A maioria destes empreendimentos (80%) vendia bebidas e/ou alimentos, enquanto outros disponibilizavam serviços de massagem corporal e aluguel de pranchas e caiaques (20%). Em 1998, foi instalado o primeiro empreendimento na enseada do Madeiro (Com. Pess.)[1], enquanto na enseada dos Golfinhos, o primeiro empreendimento foi estabelecido um ano depois, em 1999 . Pode-se perceber o aumento da atividade

[1]Informação fornecida por gerente de empreendimento comercial local que atua na enseada do Madeiro há mais de 15 anos.

turística, levando-se em conta o aumento do número de tendas e guarda-sóis nas duas enseadas ao longo dos anos. Em 2015, foram registrados na enseada do Madeiro 195 guarda-sóis, enquanto na enseada dos Golfinhos, foram registrados 49 guarda-sóis (Figura 5).

Tabela 1. Frequência das classes temáticas de uso e ocupação do solo de acordo com os anos de 1984, 1994, 2004 e 2015. D.H.: Diferença histórica entre 1984 e 2015.

Ano	Frequência das Classes Temáticas (Extensão em km)							
	Vegetação Arbórea		Vegetação Herbácea		Edificações/ Solo Exposto		Água	
	%	Área	%	Área	%	Área	%	Área
1984	12,49	8,63	24,10	16,71	7,02%	4,87	56,39	39,09
1994	13,50	9,33	14,47	10,03	15,79	10,95	56,24	38,99
2004	10,20	7,05	21,65	15,01	12,06	8,36	56,09	38,88
2015	11,92	8,26	19,77	13,7	11,51	7,98	56,78	39,36
D.H. (1984-2015)	- 0,57	-0,37	- 4,33	-3,01	+4,49	+3,11	+ 0,39	-0,27

Discussão

A REFAUTS atualmente é o principal destino para observação de botos-cinza no Nordeste, atraindo um número considerável de turistas brasileiros e estrangeiros durante todo o ano. O TOC é uma das principais fontes de renda para a comunidade local, mas a falta de fiscalização adequada desta atividade têm possibilitado condutas inadequadas por parte dos operadores de embarcações, quando se encontram na Zona de Uso Restrito da Reserva. O elevado número de embarcações simultâneas no interior das enseadas, emitindo ruídos causados pelos motores, pode acarretar em efeitos negativos para os botos-cinza (ver Albuquerque e Souto, 2013).

O aumento do turismo na REFAUTS trouxe mudanças substanciais na infraestrutura turística da praia de Pipa, com grandes hotéis sendo construídos em áreas de risco, como as falésias. Levando-se em consideração o pequeno tamanho da REFAUTS, tem-se que o acréscimo de 3 km em áreas ocupadas por edificações/solo exposto é considerado relevante e pode contribuir para o aumento da vulnerabilidade ambiental da Reserva. Tendo em vista que a maioria destes empreendimentos foi construído em falésias, que são consideradas áreas sensíveis e frágeis, o planejamento de construções futuras nestas áreas deve ser evitado para garantir a proteção da fauna e flora local, além da sustentabilidade da paisagem. Silva e Oliveira (2013) já haviam reportado a ocupação desordenada de falésias e zonas litorâneas em Pipa, apontando empreendimentos turísticos, atividade agrícola e atividade de carcinicultura como principais causadores desta alteração da paisagem (ver vestígio de atividade de carcinicultura (área pontilhada em azul) na região centro esquerda da Figura 4.

Em Pipa, a criação de UC's parece ter sido responsável pelo aumento da área de cobertura vegetal nos últimos anos. Atualmente, Tibau do Sul abriga quatro UC's: Santuário Ecológico de Pipa, criado em 1991; Área de Proteção Ambiental Bonfim-Guaraíras (Natal, 1999), criada em 1999; Parque Estadual Mata da Pipa (Natal, 2006) e REFAUTS, criados em 2006 (Tibau do Sul, 2006). Estas UC's parecem ter sido fundamentais para a regeneração da vegetação que foi perdida em algumas zonas da área investigada neste estudo. A regeneração da vegetação suprimida também foi relatada por Fujaco e colaboradores (2010) para o Parque Estadual do Itacolomi, Minas Gerais. Neste Parque, a vegetação nativa perdeu espaço para o cultivo agrícola, mas com o passar dos anos, a fiscalização na área foi intensificada, tornando possível a regeneração da vegetação nativa (Fujaco et al., 2010).

Com a internacionalização do turismo que ocorreu em Pipa na década de 1990 (Gonçalves, 2014), observou-se um aumento substancial, a partir deste período, de empreendimentos comerciais nas enseadas localizadas na REFAUTS. O maior número de empreendimentos registrados na enseada do Madeiro possivelmente se deu pela facilidade de acesso desta enseada. A enseada do Madeiro pode ser facilmente acessada por meio de três escadas de madeira próximas a rodovia RN 003: (i) via Madeiro Beach Hotel; (ii) via Barraca do Jegue ou (iii) via Santuário Ecológico de Pipa. Contudo, a enseada dos Golfinhos só pode ser acessada pela praia central, caminhando-se pela faixa de praia, entre rochas, durante a maré baixa.

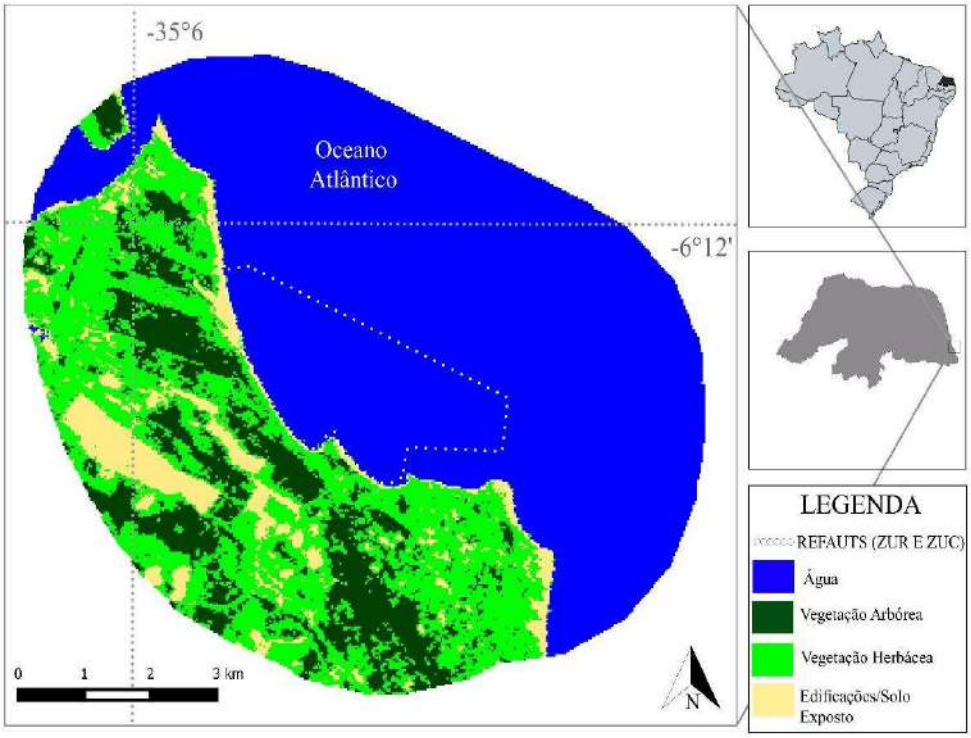


Figura 1. Uso e ocupação do solo na Reserva Faunística Costeira de Tibau do Sul (REFAUTS) no ano de 1984. ZUR: Zona de Uso Restrito e ZUC: Zona de Uso Controlado da Reserva.

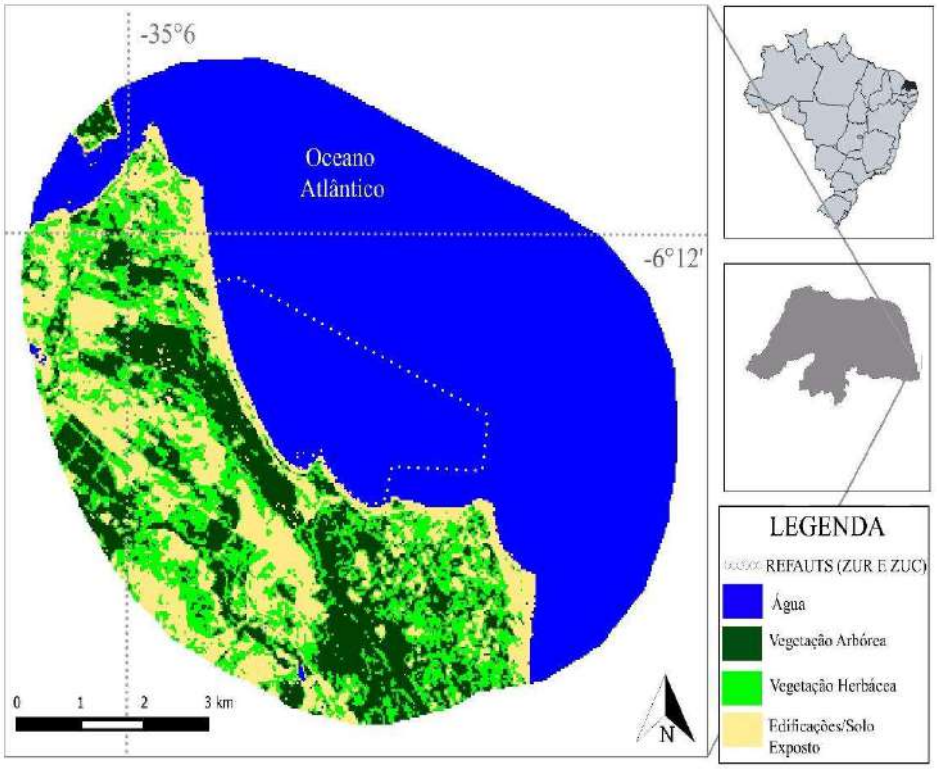


Figura 2. Uso e ocupação do solo na Reserva Faunística Costeira de Tibau do Sul (REFAUTS) no ano de 1994. ZUR: Zona de Uso Restrito e ZUC: Zona de Uso Controlado da Reserva.

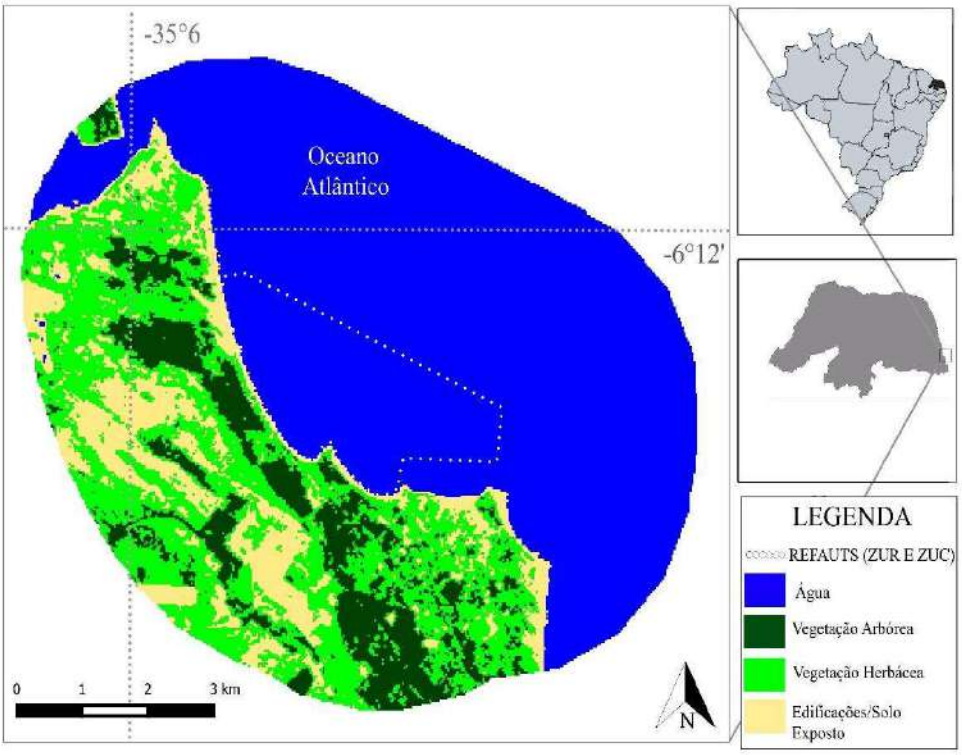


Figura 3. Uso e ocupação do solo na Reserva Faunística Costeira de Tibau do Sul (REFAUTS) no ano de 2004. ZUR: Zona de Uso Restrito e ZUC: Zona de Uso Controlado da Reserva.

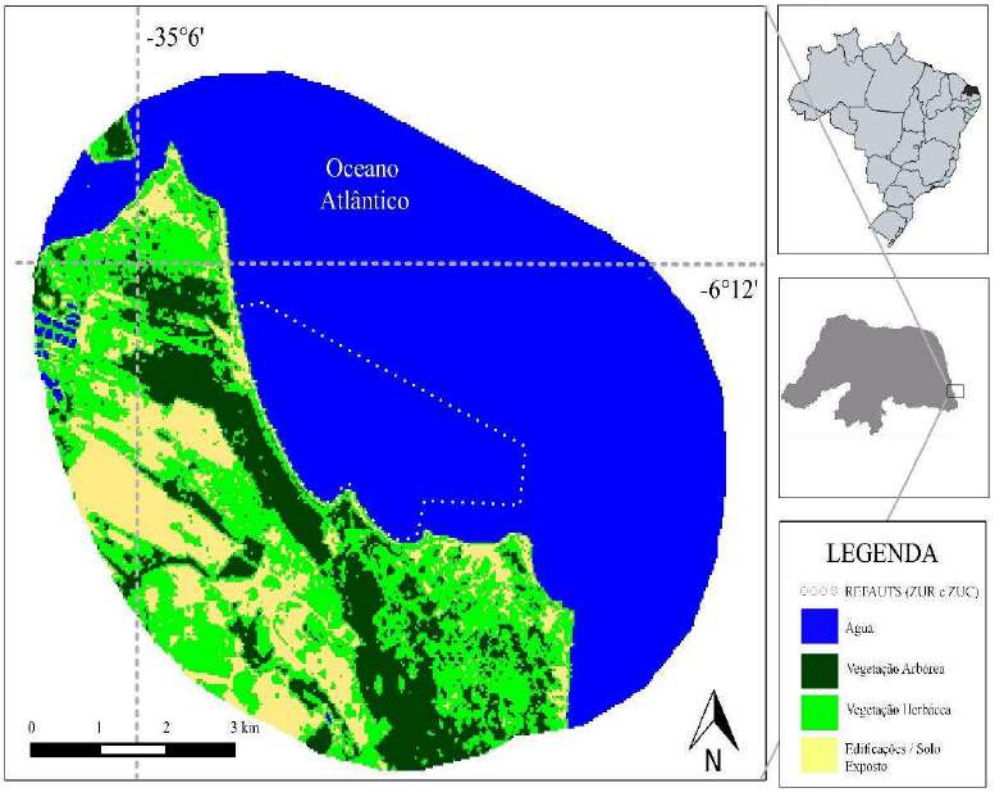


Figura 4. Uso e ocupação do solo na Reserva Faunística Costeira de Tibau do Sul (REFAUTS) no ano de 2015. ZUR: Zona de Uso Restrito e ZUC: Zona de Uso Controlado da Reserva.

Figura 5. Empreendimentos comerciais turísticos (representados por toldos e guarda-sóis) no ano de 2002 e 2015 nas enseadas dos Golfinhos e do Madeiro. (a) ausência e (b) presença de empreendimentos comerciais turísticos na faixa de praia na enseada dos Golfinhos. (c) Presença de apenas dois empreendimentos na enseada do Madeiro. (d) Presença de empreendimentos na enseada do Madeiro. Fonte Google Earth®.

Outro fator a ser considerado é que o primeiro empreendimento turístico de grande porte da enseada do Madeiro, o Madeiro Beach Hotel (anteriormente denominado como Village Natureza Resort) foi construído na falésia e dispunha de um restaurante-bar na faixa de praia desta enseada. A instalação deste empreendimento parece ter favorecido, em anos seguintes, o surgimento de outros empreendimentos nesta enseada.

A REFAUTS está inserida na categoria de UC de uso sustentável, e esta condição possibilita a exploração de recursos naturais e a realização de atividades na área da Reserva. A utilização da Reserva por vários atores sociais (banhistas, surfistas, caiaques e embarcações turísticas) tem sido motivo de conflitos socioambientais. Embora a REFAUTS tenha sido criada em 2006, até o momento a Reserva ainda não dispõe de um Plano de Manejo. Como agravante, a REFAUTS não possui nenhum tipo de fechamento para controle de entrada de visitantes ou demais usuários, o que impossibilita a implantação de medidas adequadas de gestão ambiental. A Reserva não conta com um Zoneamento Ambiental (ZA), que poderia possibilitar a redução de conflitos entre os diferentes atores sociais resultantes da sobreposição de uso de áreas na Reserva. Um ZA adequado poderia promover a conservação da biodiversidade local e a coexistência das atividades de lazer na REFAUTS, reduzindo inclusive conflitos socioambientais..

Conclusões

Nas últimas quatro décadas, a REFAUTS sofreu transformações significativas no uso e ocupação do seu território, apresentando perda de vegetação nativa e ocupação das falésias, como resultado da instalação de empreendimentos turísticos. A análise histórica do uso e ocupação do solo na REFAUTS, realizada neste estudo, poderá auxiliar na gestão adequada da Reserva, viabilizando medidas que possibilitem a compatibilização da atividade turística com o desenvolvimento econômico da região e com a conservação dos recursos naturais. Para tanto, será necessário ordenar a ocupação de áreas frágeis – como as falésias – e ecologicamente relevantes – como a vegetação de restinga nativa e a Mata Atlântica, almejando um turismo sustentável, que não implique em efeitos negativos para a comunidade local, nem para os ecossistemas costeiros e marinhos da região.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e ao United States Geological Survey (USGS) por disponibilizarem as imagens que permitiram a realização deste estudo e à Prefeitura Municipal de Tibau do Sul, pelas informações concedidas sobre a REFAUTS. Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de mestrado à primeira autora e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de iniciação científica à quarta autora.

Referências

Albuquerque, N. D. S.; Souto, A. D. S., 2013. The underwater noise from motor boats can potentially mask the whistle sound of estuarine dolphins (*Sotalia guianensis*). Ethnobiology and Conservation 2.

Andrade, V. C. T., 2015. A questão fundiária da comunidade de Sibaúma/RN. Mercator 14, 61-76.

Araújo, M. C. C., 2007. Uma viagem insólita: de um território pesqueiro à um paraíso turístico: Pipa/RN. Editora do CEFET, Natal.

Carrera, M. L. R., 2004. Avaliação do impacto causado por embarcações de turismo no comportamento do boto cinza (*Sotalia fluviatilis*) na Baía dos Golfinhos, Tibau do Sul, RN, Brasil. Dissertação (Mestrado). Recife, Universidade Federal de Pernambuco.

Demajorovic, J.; Tur, A. A.; Landi, B.; Kondo, A. L. M., 2011. Complejos turísticos residenciales: Análisis del crecimiento del turismo residencial en el Mediterráneo Español y en el Litoral Nordestino (Brasil) y su impacto socio-ambiental. Estudios y Perspectivas en Turismo 20, 772-796.

Di Ciommo, R. C., 2007. Pescadoras e pescadores: a questão da equidade de gênero em uma reserva extrativista marinha. Ambiente e Sociedade 10, 151-163.

Domiciano, C. S.; Oliveira, I. J., 2012. Cartografia dos impactos ambientais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (GO). Mercator 11, 179-199.

EMPARN. Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte. Meteorologia, 2014. Precipitação Acumulada - Rio Grande do Norte. Disponível: http://189.124.135.176/index.php Acesso: 14 jul. 2016.

Fujaco, M. A. G.; Leite, M. G. P.; Messias, M. C. T. B., 2010. Análise multitemporal das mudanças no uso e ocupação do Parque Estadual do Itacolomi (MG) através de técnicas de geoprocessamento. Revista Escola de Minas 63, 695-701.

Gonçalves, S., 2014. A dimensão sociocultural do processo de territorialização turística em Tibau do Sul/RN. Revista Brasileira de Estudos do Lazer 1, 115-132.

IDEMA. Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente, 2008. Perfil do seu município: Tibau do Sul. Natal. Disponível: http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/idema/DOC/DOC000000000013808.PDF. Acesso: 14 jul. 2016.

Lopes, J. L. S.; Cestaro, L. A; Kelting, F. M. S., 2011. Zoneamento Ambiental como instrumento de suporte e planejamento de uso e ocupação do solo do Município de Aquiraz/CE. Revista Brasileira de Geografia Física 4, 738-747.

Melo, R. S.; Crispim, M. C.; Lima, E. R. V. O., 2005. Turismo em ambientes recifais: Em busca da transição para a sustentabilidade. Caderno Virtual de Turismo 5, 34-42.

MMA - Ministério do Meio Ambiente, 2014. Lista de espécies ameaçadas de extinção. Disponível: http://www.icmbio.gov.br/portal/faunabrasileira/lista-de-especies. Acesso: 05 out. 2016.

NATAL, 1999. Decreto n° 14369, de 22 de março.

NATAL, 2006. Decreto n° 19341, de 12 de setembro.

Oliveira, A. C. L.; Matheus, F. S.; Santos, R. P.; Bressan, T. V., 2010. Ecoturismo - Cadernos de Educação Ambiental. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo.

Queiroz, H. L., 2005. A Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá. Estudos Avançados 19, 83-203.

Santos, P. P.; Vilar, J. W. C., 2013. Território e conflitos ambientais do turismo de segunda residência na APA Litoral Sul (SE). Ateliê Geográfico 7, 44-70.

Scudelari, A. C.; Braga, K. G.; Costa, F. A. A.; Santos Júnior, O. F., 2005. Estudo dos processos erosivos instalados na praia de Pipa – RN. Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology 9, 31-37.

Silva, E. F.; Oliveira, J. L. E., 2013. Gestão territorial e ocupação do solo no Município de Tibau do Sul/RN-BRASIL. Sociedade e Território 25, 62-79.

TIBAU DO SUL, 2006. Decreto n° 014, de 17 de fevereiro.

Utilização de sistema de informação geográfica (SIG) visando à gestão da infraestrutura de água e esgoto de um campus universitário

Use of geographic information system (GIS) for analysis of the water and wastewater infrastructure of a university campus

Data de entrada: 31/07/2019
Data de aprovação: 18/09/2020

Pablo Einstein Batista[1]* | Solange Aparecida Goularte Dombroski[1] | Paulo Cesar Moura da Silva[1] DOI: https://doi.org/10.36659/dae.2022.017

ORCID ID
Batista PE https://orcid.org/0000-0003-2335-3880
Dombroski SAG https://orcid.org/0000-0002-9881-615X
Silva PCM https://orcid.org/0000-0002-2512-4806

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo utilizar um Sistema de Informação Geográfica (SIG) para organizar e analisar dados sobre a infraestrutura de um campus universitário, com ênfase nos sistemas de água e esgoto, visando subsidiar a tomada de decisão para o uso mais racional desses sistemas. O trabalho foi desenvolvido em duas etapas, utilizando *software* gratuitos: elaboração de um banco de dados com resultados de trabalhos constituintes de um projeto mais abrangente e criação de um SIG com os dados previamente organizados. Confeccionou-se um SIG baseado em um banco de dados com informações sobre características gerais de edificações ou setores, intermitência no fornecimento de água, destinação dos esgotos, componentes de utilização de água e reservatórios de água na instituição. Espera-se que o banco de dados continue sendo alimentado e que esse sistema seja uma ferramenta útil para subsidiar ações para promover melhorias nos sistemas de água e esgoto da instituição.

Palavras-chave: Informação espacial. Base de dados. Planejamento. Uso racional de água. UFERSA.

Abstract

This work aimed to use a Geographic Information System (GIS) to organize and visualize data of the infrastructure of a college campus, with emphasis on water and wastewater systems, aiming to help decision making for a more rational use of these systems. The work was developed in two stages, using free software: the elaboration of a database with previous works that are part of a broader project and the creation of a GIS with the previously organized data. A GIS was obtained based on a database with information about general characteristics of buildings or sectors, intermittence of the water supply, wastewater disposal, water use components and water reservoirs in the institution. It is hoped that the database will receive more information and that this system will be a useful tool to help the planning of actions to promote improvements in the water and wastewater systems of the institution.

Keywords: *Spatial information. Database. Planning. Water conservation. UFERSA.*

[1] Universidade Federal Rural do Semi-Árido - Mossoró - Rio Grande do Norte - Brasil.
***Autor correspondente:** pablo.einstein.batista@gmail.com.

CC BY NC

1 INTRODUÉÇO

Num cenário de disponibilidade limitada e demanda crescente de água, a gestão adequada do recurso água mostra-se cada vez mais relevante em muitos locais do mundo, inclusive no Brasil.

No Brasil, apesar da grande disponibilidade bruta de recursos hídricos, muitas regiões se encontram atualmente sob estresse hídrico. A origem da escassez pode ser quantitativa, decorrente de períodos de maior escassez hídrica, ou qualitativa, resultante, por exemplo, de modificações da qualidade da água pela poluição (GONÇALVES; JORDÃO; JANUZZI, 2009).

Ações que visam conservar os mananciais de água podem fazer parte de programas estabelecidos em diferentes sistemas de água, como sistema de abastecimento público, sistema industrial, de irrigação, predial e outros. Sistemas prediais podem se referir a edificações residenciais, comerciais ou públicas.

Em determinados locais, o consumo de água em edificações pode ser responsável pela maior parcela de consumo de água em áreas urbanas. Segundo Rodrigues (2005 *apud* GONÇALVES; JORDÃO; JANUZZI, 2009), na região metropolitana de São Paulo, o consumo de água residencial correspondeu a 84,4% do consumo total urbano (incluindo o consumo de pequenas indústrias). Ainda de acordo com os autores, estudos de caracterização do consumo de água em edificações são relativamente escassos no Brasil, ressaltando que os padrões de consumo se modificam ao longo dos anos.

Para que dados possam subsidiar tomada de decisão, eles devem ser organizados e analisados. Usar grandes quantidades de informação, porém, pode ser um desafio. Representações visuais e ferramentas computacionais são valiosas para essas tarefas. Em vista disso, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) apresentam bom potencial para tais tarefas. Essas tecnologias possibilitam a organização dos dados em uma plataforma que possa ser atualizada e facilite o uso desses dados.

Este trabalho teve por objetivo desenvolver um SIG para organizar e visualizar dados sobre a infraestrutura da UFERSA, campus Mossoró, com ênfase nos sistemas de água e esgoto, visando subsidiar a tomada de decisão para o uso mais racional desses sistemas.

1.1 Sistema de Informa ço Geogrãfica (SIG)

De acordo com Augusto Filho (2013), Sistema de Informação Geográfica (SIG) ou, em inglês, *Geographic Information System* (GIS), é uma tecnologia nova, de rápido desenvolvimento teórico e tecnológico, associada ao progresso da engenharia da computação. A variedade de aplicações leva a diferentes perspectivas sobre o conceito de SIG. Esse autor se reporta ao ESRI (*Environmental Systems Research Institute*) para descrever o SIG como um "conjunto composto de computador, programas, dados geográficos e pessoal com capacidade de capturar, armazenar, atualizar, analisar e apresentar todas as formas de informações geograficamente referenciadas". O autor descreve SIG como "uma ferramenta tecnológica para o desenvolvimento de abordagens críticas para compreender, representar, gerenciar e comunicar os vários aspectos das paisagens naturais e humanas", e afirma que "constituem poderosas ferramentas para o gerenciamento e a análise de informações de qualquer natureza que sejam dependentes da sua localização".

Para Ferreira (2006), essas ações podem ser realizadas manualmente, porém esta opção tende a ser mais demorada, fatigante, com padronização mais difícil e com maior probabilidade de ocorrência de erros. Ademais, mapas físicos são mais difíceis de manejar, armazenar, enviar, receber e copiar. Dessa forma, a utilização de computado-

res dotados de programas de SIG facilita e otimiza essas operações.

O campo de aplicações e análises realizáveis com SIG é tão grande quanto o de conjuntos de dados geográficos disponíveis na região em estudo. O autor também diz que a potencialidade do SIG é mais visível quando a quantidade de dados envolvida é muito grande para a manipulação manual (CALIJURI, s.d.).

Entre as vantagens da utilização de SIG citadas por Shamsi (2005) estão o fato de seus usos serem diversos, desde zoneamento de áreas até gerenciamento de infraestrutura e rotas de transportes; de serem uma ótima forma de agregar e exibir informação; por oferecer uma estrutura para a tomada de decisão; e promover economia de tempo e dinheiro. Já entre as desvantagens estão o alto custo para obtenção de algumas soluções de SIG no mercado e a necessidade de pessoal com conhecimento técnico no assunto.

Ainda de acordo com Shamsi (2005), existem quatro tipos principais de aplicações de SIG para sistemas de água, esgoto e águas pluviais, que o autor denomina "4M": *mapping, monitoring, modeling, and maintenance* (em tradução livre: mapeamento, monitoramento, modelagem e manutenção).

Uma parte importante desses sistemas é o aplicativo de SIG (SUTTON; DASSAU; SUTTON, 2009). Com eles, mapas digitais podem ser exibidos, informação pode ser adicionada e análises podem ser feitas. Os elementos mais comuns de um aplicativo SIG são barras de menu e barras de ferramentas, que servem para realizar operações com a aplicação; uma área onde o mapa é exibido; e uma legenda do mapa. Existe uma grande variedade de aplicativos de SIG disponíveis, sendo alguns pagos e caros e algumas opções gratuitas, como o QGIS.

2 MATERIAL E MÊTODOS

2.1 Ãrea de estudo

O estudo foi desenvolvido no âmbito da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), no município de Mossoró, Rio Grande do Norte. A população do município em 2010 era de 259.815 habitantes, sendo estimada para 2020 uma população de 300.618 habitantes (IBGE, 2020).

O clima de Mossoró é classificado como semiárido e muito quente. Com período chuvoso de fevereiro a abril, a temperatura média é de 27,4 °C, variando entre 21,0 e 36,0 °C (IDEMA, 2008). A umidade relativa do ar é de 70% em média (*ibid*).

De 2012 a 2017, a quase totalidade dos municípios do Rio Grande do Norte, inclusive Mossoró, apresentou situação de emergência decretada por causa de estiagens consecutivas, com grande parte deles tendo precipitação inferior a 500 mm por ano naquele período. As reservas hídricas foram reduzidas, a distribuição de água em certos locais foi interrompida e os prejuízos aos produtores rurais chegaram a cerca de R$ 4 bilhões por ano (RIO GRANDE DO NORTE, 2017).

Com relação à UFERSA, esta foi criada como Escola Superior de Agricultura de Mossoró (ESAM) pela Prefeitura Municipal de Mossoró, por meio do decreto número 03/67, de 18 de abril de 1967 (ROSADO, 2005). Tornou-se Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) pela lei nº 11.155, de 29 de julho de 2005 (BRASIL, 2005). Atualmente o campus sede possui 21 cursos de graduação (UFERSA, 2014) e 32 de pós-graduação (UFERSA, 2019).

No âmbito da gestão de água e esgoto na UFERSA-Mossoró, segundo o Plano de Gestão de Logística Sustentável (PLS) da UFERSA (LUNARDI et al., 2013, p. 8), o abastecimento de água no campus Mossoró é regido pelo termo de cooperação nº 2/2009, firmado entre a UFERSA e a Companhia de Água e Esgotos do Rio Grande do Norte

(CAERN), que garante o abastecimento de água, vinda do sistema público, com vazão contínua de 30 m³/hora para a UFERSA durante um período de 20 anos, a partir de 3 de agosto de 2009. Em troca, a universidade contratou e pagou as despesas com a perfuração de um poço tubular profundo, de propriedade da UFERSA, e passou sua gestão à CAERN, pelo período do acordo (*ibid*).

Ainda de acordo com o PLS da UFERSA, para que a sustentabilidade da gestão dos recursos hídricos seja garantida, é necessário aplicar ações conservacionistas para o uso racional de água e utilizar fontes alternativas. Para isso, deve-se estabelecer um programa de uso racional da água. O conhecimento do consumo de água é primordial para tal, porém ainda não há medição total ou individualizada de consumo de água no campus, que precisa ser implantada.

Com relação ao destino final dos esgotos da UFERSA-Mossoró, Oliveira (2015) relatou que, de 97 edificações ou setores investigados, 33% estavam conectados ao sistema público, 27% à fossa séptica com sumidouro, 34% à fossa rudimentar e 6% com outras soluções. Segundo o autor, 60% dos locais analisados possuíam como destinação dos esgotos a coleta seguida de tratamento e a fossa séptica, sendo estas consideradas adequadas de acordo com a classificação do Plano Nacional de Saneamento Básico (MC, 2013 *apud* OLIVEIRA, 2015), e o restante classificado como impróprio. Tal valor (60%) era superior à estimativa para o Brasil de 37,9% de esgotamento adequado, segundo MC (2013 *apud* OLIVEIRA, 2015), utilizando dados de 2010. Segundo os dados do Atlas Esgotos, 55% da população do Brasil contava com esgotamento sanitário adequado (ANA, 2017).

2.2 *Software* utiliÁados

Foram utilizados três *software*, sendo executados em um computador portátil com o sistema operacional Windows 10, da Microsoft Corporation. O principal *software* utilizado foi o aplicativo de Sistema de Informação Geográfica (SIG), QGIS 2.14. O QGIS 2.14 é um *software* livre da *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo) de código aberto e gratuito construído por voluntários. O aplicativo permite a instalação de *plug-ins*, que são extensões para o aplicativo que podem ser baixados da internet para incluir novas funções ao programa (QGIS, 2020).

Para organizar, editar e visualizar os dados a serem inseridos no SIG, utilizou-se o editor de planilhas LibreOffice Calc. Ele faz parte da versão 5.1 do pacote de *software* de produtividade LibreOffice. Para a criadora, The Document Foundation (2020), o LibreOffice é um *software* livre, de código aberto e gratuito, projeto desta organização sem fins lucrativos.

Para digitalizar os dados vetoriais da UFERSA-Mossoró, foi utilizado o Google Earth Pro 7.1, que, conforme a desenvolvedora Google Inc. (2020), é um *software* gratuito que permite visualizar imagens de satélite, digitalizar e capturar dados georreferenciados, entre outras funções.

2.3 Etapas do trabalho

2.3.1 *Elaboração do banco de dados*

Foram selecionados cinco trabalhos cujos dados foram inseridos no SIG, sendo eles: Batista (2015), Oliveira (2015), Santos et al. (2016), Medeiros et al. (2015) e Santos (2015). Esses dados estavam em planilhas eletrônicas de Microsoft Excel, tendo sidos levantados entre 2013 e 2015.

Nos trabalhos mencionados, os dados foram atribuídos a uma lista de prédios ou setores do campus, desenvolvida inicialmente por Lira (2013). As edificações ou setores dessa lista receberam códigos que os identificam e foram classificados de acordo com o consumo de água, baseando-se no trabalho de Nakagawa (2009). A classificação

das edificações/setores da instituição adotada no projeto inclui: classe A (Unidades de ensino e/ou pesquisa com consumo de água superior ao típico doméstico), classe B (Unidades de ensino e/ou pesquisa com consumo de água similar ao típico doméstico), classe C (Unidades de ensino e/ou pesquisa com consumo de água similar ao típico doméstico), classe D (Unidades médico-hospitalares), classe E (Unidades residenciais universitárias) e classe F (Outras).

Os dados sobre os prédios e setores da instituição foram organizados em uma tabela, com o formato em que os dados não-geográficos são armazenados no SIG.

Em relação aos componentes de utilização e economia de água por ambiente interno de prédios, dentre os dados de 89 edificações, o banco de dados foi organizado para duas edificações, o Departamento de Ciências Exatas e da Natureza (DCEN) e a Central de Aulas V, como um teste piloto devido à grande quantidade de dados.

2.3.2 *Criação do Sistema de Informação Geográfica*

Inicialmente fez-se a digitalização dos dados geográficos que representam os setores ou prédios da UFERSA-Mossoró, e os ambientes internos de dois prédios: o Departamento de Ciências Exatas e Naturais (DCEN) e a Central de Aulas V. Foram utilizados dados do tipo vetorial por serem adequados para a representação de elementos individuais do mundo real em um SIG. O tipo de geometria foi poligonal, que proporciona uma melhor representação dos locais de interesse nos mapas. Essa tarefa foi realizada com a aplicação Google Earth Pro 7.1, e os dados vetoriais foram salvos em arquivos Keyhole Markup Language (KML), que armazenam os dados geográficos georreferenciados e os nomes dos polígonos.

Para digitalizar os edifícios e setores do campus, utilizaram-se imagens de satélite da UFERSA-Mossoró de 14 de outubro de 2014, fornecidas pela Digital Globe. As imagens foram usadas como referência para digitalizar polígonos sobre os locais identificáveis, no formato de suas áreas cobertas ou cercadas.

No processo de identificação dos prédios e setores da instituição, foi necessário atualizar a lista de prédios/setores (com base em LIRA, 2013) utilizada nas planilhas. Vale salientar que algumas edificações/setores da lista de Lira (2013) não apareceram em imagens de satélite recentes, por terem sido demolidos ou ainda não terem sido construídos, portanto, não aparecem no SIG. Novos prédios foram identificados, seus nomes foram investigados com visitas aos locais e adicionados na listagem de prédios/setores do projeto. A lista atualizada de prédios, com códigos e classificações, encontra-se no apêndice B de Batista (2017). Esses novos prédios, por não estarem anteriormente no projeto de pesquisa do qual este trabalho fez parte, não possuíam dados referentes aos mesmos para serem adicionados no SIG. Posteriormente, pretende-se fazer essa complementação ao SIG.

Para a visualização das áreas dos *campi* Leste e Oeste nos mapas, a delimitação da propriedade da UFERSA-Mossoró também foi digitalizada. Baseados nas mesmas imagens de satélite usadas na digitalização dos prédios e setores, polígonos para ambos os lados da instituição foram desenhados observando-se os limites dos muros e cercas, sendo o arquivo também em KML.

Os ambientes internos com componentes de utilização e economizadores de água do DCEN e da central de aulas V foram digitalizados a partir das plantas baixas apresentadas por Virginio (2013) e desenhadas em suas posições dentro de seus respectivos prédios.

Utilizando o QGIS 2.14, os arquivos KML foram convertidos em arquivos *Shapefile*, que são definidos por QGIS PROJECT (2017) como um grupo de arquivos associados de diferentes tipos e com o mesmo nome, que armazenam os dados de uma camada. São arquivos fáceis de serem compartilhados pois a maioria dos *software* SIG pode lê-los.

Os arquivos *Shapefiles* dos prédios/setores da instituição, da área do campus e dos ambientes internos foram importados para o QGIS, e as tabelas de atributos armazenadas para sua respectiva camada.

3 RESULTADOS E DISCUSSÇO

No SIG deste trabalho foram elaborados três *Shapefiles*, sendo um para a área do campus, um para os prédios ou setores da instituição e um para os ambientes internos de prédios.

É possível realizar consultas às informações que fazem parte de seu banco de dados acessando a tabela de atributos da camada selecionada ou individualmente, de forma interativa, escolhendo a camada a ser exibida e selecionando um prédio ou setor. A Fig. 1 apresenta uma imagem gerada a partir de uma consulta aos atributos do Hospital Veterinário (HOVET), na camada "Prédios_setores_UFERSA" do SIG obtido neste trabalho. No centro desta figura, observa-se parte do mapa de edificações da UFERSA-Mossoró, com destaque para o HOVET. Além disso, à esquerda vê-se a lista de camadas, sendo que uma delas ("Prédios_setores_UFERSA") foi selecionada (termo sublinhado). À direita da Fig. 1 é possível observar os atributos referentes ao edifício selecionado, entre eles, nome, código, classe, dados relacionados à intermitência no fornecimento de água para o prédio em questão, número de pavimentos etc.

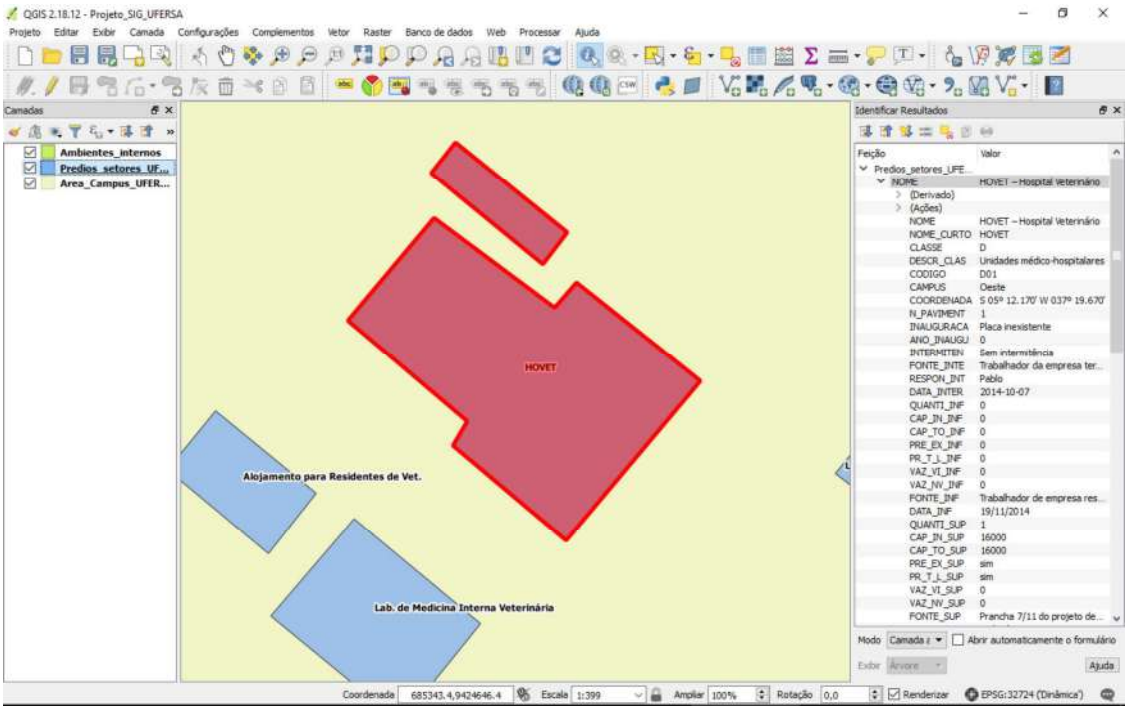


Figura 1 - Captura de tela da aplicação QGIS 2.14 com o SIG obtido neste estudo , a partir de consulta à edificação do Hospital Veterinário
Fonte: Elaborada pelo autor.

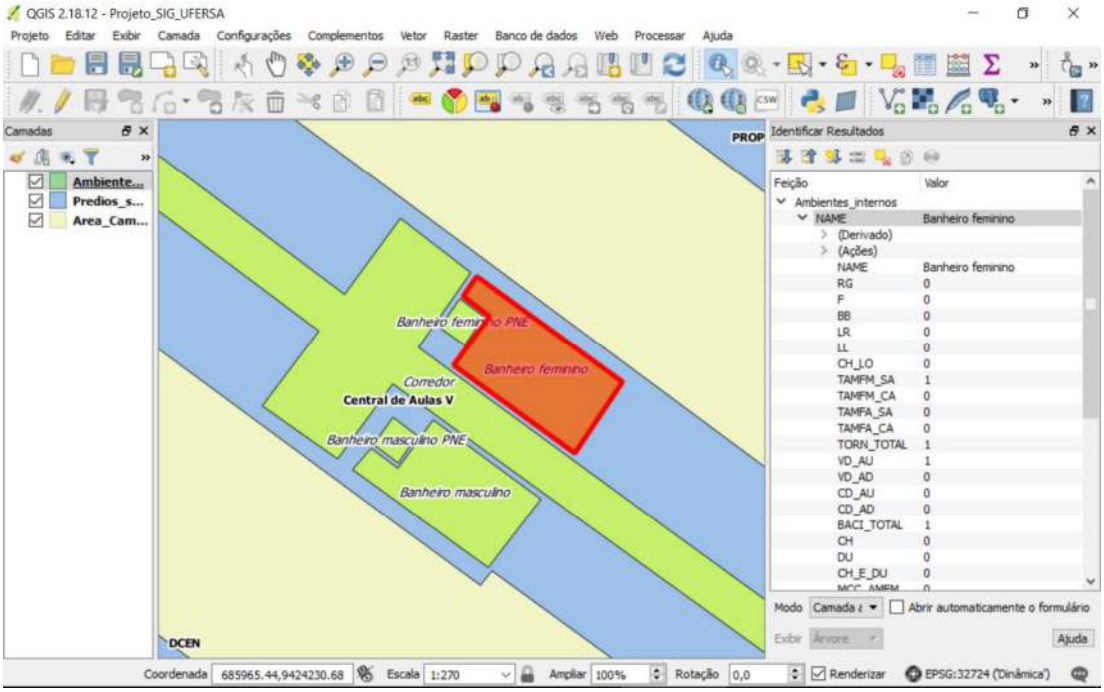
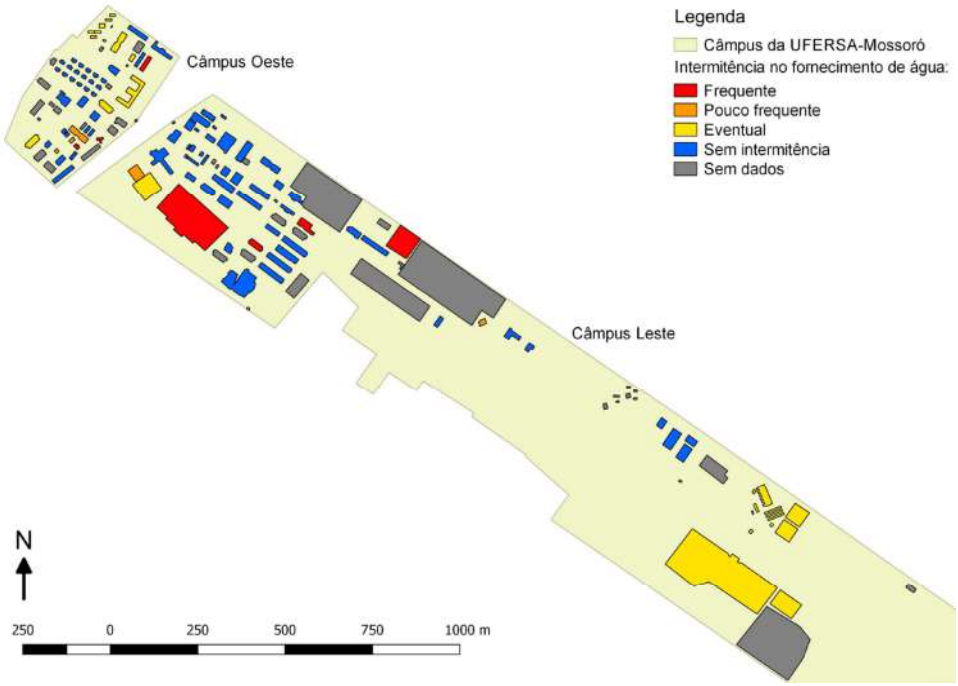


Figura 2 - Captura de tela da aplicação QGIS 2.14 com o SIG obtido neste estudo , a partir de consulta à edificação da Central de Aulas V
Fonte: Elaborada pelo autor.

A Fig. 2 também mostra uma consulta de atributos, desta vez do ambiente "Banheiro feminino para portadoras de necessidades especiais (PNE)" da edificação Central de Aulas V da UFERSA-Mossoró. Ao lado esquerdo percebe-se a lista de camadas do SIG deste trabalho, em que todas as três estão marcadas como visíveis, e a camada "Ambientes_internos" está selecionada. No centro é exibida parte do mapa do campus, aproximado sobre a Central de Aulas V. Destacado em vermelho, o banheiro feminino está selecionado. À direita mostram-se os atributos do item selecionado, que são sobre os componentes de utilização e economizadores de água deste ambiente interno, por exemplo, VD_AU = 1, BACI_TOTAL = 1 (BACI_TOTAL: número total de bacias sanitárias) e outros. Conforme apresentado em outro trabalho (Apêndice A de Batista, 2017), VD_AU se refere à "bacia sanitária com válvula de descarga de acionamento único" e BACI_TOTAL significa "total de bacias sanitárias".

No âmbito de manutenção do sistema dos sistemas prediais, assim como no dos sistemas de distribuição de água da instituição, entende-se que uma consulta prévia ao SIG quanto a certas informações pode otimizar distintas atividades a serem realizadas *in loco*, por exemplo, identificação de um vazamento de água em um determinado prédio, já que o sistema está sendo desenvolvido de maneira a dispor de informações de todos os pontos de uso de água respectivos a cada ambiente, assim como a existência de reservatórios. Assim, é possível definir precisamente os locais a serem visitados, além de rotas otimizadas a serem seguidas. Como já mencionado anteriormente, essa parte do SIG (dados de componentes de utilização e economia de água por ambiente interno por prédio) foi executada para o DCEN e Central de aulas V. O mesmo deverá ser feito para outros prédios/setores.



Mapa 1 - Intermitência no fornecimento de água por prédio ou setor da UFERSA-Mossoró
Fonte: Elaborada pelo autor.

De um modo geral, podem-se utilizar numerosas funções para pesquisa, cálculo, análise e visualização de informações, disponíveis no QGIS e *plug-ins* instalados. Uma importante ferramenta disponível é a capacidade de criar mapas que representam visualmente os dados, com uma grande possibilidade de customização na aparência, seja em cores, contornos, rótulos, símbolos etc. No Mapa 1, é mostrado um exemplo onde são exibidos dados sobre a intermitência no fornecimento de água por prédio ou setor da UFERSA-Mossoró.

No Mapa 1, confeccionado com o QGIS, as cores diferentes foram escolhidas para representar os cinco tipos de respostas armazenadas nas colunas "INTERMITEN" da tabela de atributos da camada "Prédios_setores_UFERSA". Após definir a posição e o tamanho do mapa, foram adicionados rótulos para nomear os lados Leste e Oeste da UFERSA-Mossoró, uma seta para indicar o norte, uma legenda e uma barra de escala — estas duas últimas preparadas automaticamente pelo aplicativo.

Para o uso por outras pessoas que precisem acessar e analisar as informações da UFERSA-Mossoró, os arquivos das camadas podem ser transferidos e importados não só para o aplicativo QGIS mas também para outras aplicações de SIG, graças ao uso dos populares arquivos *Shapefile*.

Com uma maior quantidade de dados e capacidades técnicas para usar tecnologias de SIG, muitas outras atividades significativas para ajudar na tomada de decisão seriam possíveis. Uma informação bastante importante, e que é requerida pelo Plano de Logística Sustentável (PLS) da UFERSA-Mossoró (LUNARDI et al., 2013), é o consumo de água de cada prédio ou setor, que é fundamental para uma melhor gestão da água e esgoto na instituição.

Por exemplo, informações sobre quais prédios ou setores possuem destinação inadequada de es-

gotos, sua localização e sua quantidade de água utilizada, entre outras informações, poderiam contribuir para um planejamento quanto ao destino desses esgotos para o sistema público, algo proposto pelo referido PLS.

O SIG também pode auxiliar na definição e na implantação de sistema de coleta de esgotos e de abastecimento de água, por exemplo, quanto à localização de tubulações, levando em conta o consumo de água dos prédios e setores da UFERSA-Mossoró. Em geral, isso pode ajudar a planejar obras de forma que necessidades sejam atendidas e recursos sejam otimizados.

4 CONSIDERAÉá ES FINAIS

Confeccionou-se um SIG baseado em um banco de dados com informações relativas aos sistemas de água e esgotamento da UFERSA, campus Mossoró (características gerais de edificações ou setores, intermitência no fornecimento de água, destinação dos esgotos, componentes de utilização de água e reservatórios). A partir da integração desses dados em um único sistema interativo, com representações visuais e várias ferramentas disponíveis, observou-se maior facilidade para acesso e interpretação das informações. Entende-se que em um contexto de necessidade de uso racional da água e proteção de suas fontes, um SIG pode ser considerado uma tecnologia capaz de ajudar a implementar medidas para atender a essa demanda.

Um maior conjunto de dados geográficos disponíveis em uma região aumenta o campo de aplicações e análises realizáveis com um SIG. Dessa forma, espera-se que o banco de dados continue sendo alimentado e que esse sistema se apresente como uma ferramenta útil para subsidiar ações para promover melhorias nos sistemas de água e esgoto da UFERSA-Mossoró.

5 AGRADECIMENTO

À UFERSA pela bolsa PICI no âmbito do Programa de Iniciação Científica Institucional – PICI/UFERSA (EDITAL IC 10/2017 – PROPPG/UFERSA).

6 CONTRIBUIÉÇO DOS AUTORES

Conceitualização: Dombroski SAG e Silva PCM; **Metodologia:** Dombroski SAG e Silva PCM; **Investigação:** Batista PE e Dombroski SAG; **Tratamento dos dados:** Batista PE, Silva PCM e Dombroski SAG; **Redação:** Batista PE e Dombroski SAG; **Aquisição de bolsa:** Dombroski SAG.

7 REFERÕNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas**. Brasília: ANA, 2017. 88 p. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/ATLASeESGOTOSDespoluicaodeBaciasHidrograficas-ResumoExecutivo_livro.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2021.

AUGUSTO FILHO, O. Sistemas de informações geográficas aplicados à engenharia ambiental. In: CALIJURI, M. do C.; CUNHA, D. G. F. (Coord). **Engenharia ambiental**: conceitos, tecnologia e gestão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. 789 p. Cap. 25, p. 642–667.

BATISTA, P. E. **Complementação do levantamento do sistema hidraulico de edificações da UFERSA–Mossoró em um contexto de uso racional da água**. 2015. 4f. Relatório (Relatório final PIVIC) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015.

BATISTA, P. E. **Utilização de sistema de informação geográfica (SIG) para a sistematização de informações relativas à infraestrutura de água e esgoto da UFERSA-Mossoró.** 2017. 54f. Monografia (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017.

BRASIL. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 11.155**, de 29 de julho de 2005. Dispõe sobre a transformação da Escola Superior de Agricultura de Mossoró – ESAM em Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA-RN e dá outras providências.

CALIJURI, L. **Sistema de informação geográfica.** S.d. 140 f. Slides (EAM 451 Sistema de Informação Geográfica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, s.d.

FERREIRA, C. N. **Apostila de Sistemas de Informações Geográficas**. Goiânia: CEFET GO, 2006. 111 p.

GONÇALVES, R. F.; JORDÃO, E. P.; JANUZZI, G. Introdução. In: GONÇALVES, R. F. (Coordenador). **Conservação de água e energia**

em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água. Rio de Janeiro: ABES, 2009. p. 21-35. Cap. 1.

GOOGLE INC. **Google Earth para computador.** Disponível em: <https://www.google.com.br/intl/pt-BR_ALL/earth/versions/#earth-pro>. Acesso em: 21 set. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). IBGE | Cidades@ | Brasil | Rio Grande do Norte | **Mossoró | Panorama**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/mossoro/panorama>. Acesso em: 21 set. 2020.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE (IDEMA). **Perfil do seu município:** Mossoró. Natal, 2008.

LIRA, J. A. de. **Uso racional de água na Universidade Federal Rural do Semi-Árido**: proposta para implantação de medidores. 2013. 58 f. Monografia (Graduação em Ciência e tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2013.

LUNARDI, D. G.; VARELLA, F. K. de O. M.; DOMBROSKI, S. A. G.; LUNARDI, V. de O.; CARNEIRO, B. T. S.; ALMEIDA, N. R. A. de. **Plano de gestão de logística sustentável da UFERSA**. Mossoró, 2013. Disponível em: <https://reitoria.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/19/2015/03/PLSdefinitivo_UFERSA2013.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2021.

MEDEIROS, P. M. de et al. Ações tecnológicas em um campus universitário no contexto de uso racional de água. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 28, 2015, Rio de Janeiro-RJ. **Anais...**, 2015.

NAKAGAWA, A. K. **Caracterização do consumo de água em prédios universitários:** o caso da UFBA. 2009. 183f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) – Departamento de Engenharia Ambiental (DEA), Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

OLIVEIRA, J. L. de. **Disposição final de efluentes líquidos gerados em edificações da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, campus Mossoró.** 2015. 59 f. TCC (Graduação) – Curso de Ciência e Tecnologia, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015.

QGIS PROJECT. **QGIS Training Manual:** Versão 2.14. S.l: S.n., 2017. 641 p. Disponível em: <http://docs.qgis.org/2.14/pdf/pt_PT/QGIS-2.14-QGISTrainingManual-pt_PT.pdf>. Acesso em: 21 set. 2020.

QGIS. **Descubra o QGIS.** Disponível em: <http://www.qgis.org/pt_BR/site/about/index.html>. Acesso em: 21 set. 2020.

RIO GRANDE DO NORTE. **Decreto Nº 26.730, de 22 de março de 2017**. Declara situação de emergência nas áreas dos municípios do estado do Rio Grande do Norte afetados por desastre natural climatológico por estiagem prolongada, que provoca a redução sustentada das reservas hídricas existentes (COBRADE/1.4.1.2.0 - Seca), e dá outras providências. Disponível em: <http://www.diariooficial.rn.gov.br/dei/dorn3/docview.aspx?id_jor=00000001&data=20170323&id_doc=566690>. Acesso em: 07 jan. 2021.

ROSADO, C. A. Projeto de Lei nº 2940, de 2003. Dispõe sobre a transformação da Escola Superior de Agricultura de Mossoró em Universidade Federal do Vale do Apodi e dá outras providências. **Portal da Câmara dos Deputados,** Brasília: Sala das Comissões, 2005.

SANTOS, J. N. dos et al. Caracterização do sistema hidráulico de edificações de uma universidade visando ao uso racional da água. In: DIAS, N. da S. et al. (Org.). **Agroecologia, recursos hídricos e políticas públicas no semiárido.** Mossoró: Edufersa, 2016. Cap. 8. p. 712-721.

SANTOS, J. N. dos. **Identificação do sistema hidráulico de edificações de ensino e pesquisa da UFERSA–Mossoró visando contribuir para a promoção do uso racional de água**. 2015. 4f. Relatório (Relatório final PIVIC) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015.

SHAMSI, U. M.. GIS **Applications for water, wastewater and stormwater systems.** Boca Raton: Crc Press, 2005. 413 p.

SUTTON, T.; DASSAU, O.; SUTTON, M.. **Introdução aos SIG**. 2009. Disponível em: <https://docs.qgis.org/3.10/en/docs/gentle_gis_introduction/preamble.html#a-word-from-the-editor>. Acesso em: 21 set. 2020.

THE DOCUMENT FOUNDATION. **Quem somos?** Disponível em: <https://pt-br.libreoffice.org/sobre-nos/quem-somos/>. Acesso em: 21 set. 2020.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO (UFERSA). Graduação. **Cursos de graduação**. 2014. Disponível em: <https://ufersa.edu.br/cursosgraduacao/>. Acesso em: 07 jan. 2021.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO (UFERSA). Pós-graduação. **Cursos de pós-graduação**. 2019. Disponível em: <https://ufersa.edu.br/cursosposgraduacao/>. Acesso em: 07 jan. 2021.

VIRGINIO, M. da S. **Avaliação dos sistemas de combate a incêndio em uma instituição de ensino superior localizada no município de Mossoró.** 2013. 66 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do SemiÁrido, Mossoró, 2013.

T Ztcr >gr Pngj Mnjjut 0: 8: 1 1 : Vo-Vo#
f ttps-//bng6nre7986988%s99: %858: 1 58%9V%5x

r ô b l ô l ô ô T ô V a o ô ô p ô T ffl T ô b a v v ô

i ô T i oô ô uô ô s ô ô ô W ô q ô ô n ô V ô ô
o ô h ô o ô c ô ô o ô ô u ô W ô n ô
q q ô ô ô r ô s ô a ô ô ô W ô l c ô f ôô r ô T
i ô q ô ô W ô r V ô l oô W ô l ô ô r ô
v T ô ô W ô g c ô ô l g l V ô
l ô ô u ô ô l ô T ô q W ô ô i ô l ô c ô uô ô r ô
s ô T ô i W ô d q ô

Ocacgvcb+: 1 GZmuZry : 8: 1 7>aacptcb+o J Zy : 8: 1
© Qf c >utf nr0s l4umbcr cxajusgvc jgacmac tn Pprgmecr KZturc Pwgtzcrj Zmb >D : 8: 1

Tffl ô >quZaujturc gs Z prnk gmcmt canmnk ga Zatgvgty nmtf c mZtgnmZj sacmZrgn6E nwcvcr4g Zjsn f Zs scvcrZj cmvgrnmk cmtZj gk pZats6Qf crcdhrc4 tf c n_hca5 tgvc nd tf gs stuby wZs tn cvZjuZtc tf c pcrdhrk Zmac nd mnmfscjc5ank pcmsZtgme brgppcrs npcrZtgme wgtf bgju5 tgnms nd ZquZaujturc wZstcwZtcr 0>T 1 gm wcjj wZtcr 0T > l6 Cnr tf gs4 fivc bgjutgnms wcrc tcstcb 0A9+988) >T , A: +%o) >T 3 : o) T >, AV+o8) >T 3 o8) T >, Al +: o) >T 3 %o) T >, Zmb Ao+988) nd T > l4 gmtf rcc typcs nd mnmfscjc5ank pcmsZtgme ck gttcrs+QP 0 9 6# I f $^{-9}$ l4 PI 0 9 6# I f $^{-9}$ l4 Zmb KG0 9 6% I f $^{-9}$ l Zdtcr 9#8 f nd npcrZtgnm6 Bvcry &8 f 4 tf c f ybrZujga pcrdhr5 k Zmac nd tf c tf rcc brgppcrs wZs bctcrk gmcb usgme tf c rcjZtgvc flnw 0NO1 Zmb bgstrg_utgnm umgdhrk gty ancffiagcmt 0AR @l6 Qf c pE 4 B @4 @Z ^{3} 4 J e $^{:3}$ 4 @L $_{V}$ $^{;-}$4

e

95 Qf c f ybrZujga pcrdhrk Zmac nd tf c tf rcc brgppcrs wZs cvZjuZtcb cvcry &8 f nd npcrZtgnmtf rnuef tf c gmbgaZtnrs ndrcjZtgvc flnw rZtc 0NO1 Zmb tf c bgstrg_utgnmumgdhrk gty ancffiagcmt 0AR @l6
: 5 CZatnr ZmZjysgs sf nwcb tf Zt tf c k nst sgcmgfiaZmt wZtcr quZjgty Ztrg_utcs wcrc nd pf ysgaZj 0tntZj suspcnbcb snjgbs Zmb tur_gbgty l4af ck gaZj 0cjcatrgaZj annbuatgvgty4tntZj bgssnjvcb snjgbs4 @Z ^{3} 4 J e $^{:3}$ 4E @L $_{V}$ $^{-}$4Cc ^{3} 4KZ ^{3} l4Zmb _gnjnegaZj nZturc 0Q@l4gmbgaZtgme tf Zt brgppcr ajneegme gs aZuscb _y Zhngmt Zatgnm_ctwccmajneegme Zecmts6
V5 >aanrbgme tn ajustcr ZmZjysgs4bgjutgnms A: 0%o) ZquZaujturc wZstcwZtcr 3 : o) wcjj wZtcr l4AV0o8) ZquZaujturc wZstcwZtcr 3 o8) wcjj wZtcr l4Zmb Al 0: o) ZquZaujturc wZstcwZtcr 3 %o) wcjj wZtcr 1 Zrc sgk gjZr Zt V8) nd bgssgk gjZrgty4gmbgaZtgme ZmZjnenus af ZrZatcrgstgas _ctwccmtf ck 6
l 5 >dcr 9#8 f nd npcrZtgnm4tf c tntZjjy nr pZrtgZjjy ajneecb ck gttcrs wcrc rck nvcb drnk tf c cmb nd tf c jZtcrZj jgmcs dhr ZmZjysgs nd tf c _gnfijk dhrk usgme saZmngme cjcatrnm k garnsanpy 0PBJ l6
o5 PBJ rcvcZjcb tf c naaurrcmac nd n_struatgnmgntf c brgppcrs npcrZtgme wgtf ZquZaujturc wZstcwZtcr bgjutcb gm wcjj wZtcr4cspcagZjjy ajnscr tn tf c jZ_yrgntf wZjjs6

I 6>6I 6bc MZgvZ0✉1 · S 6Q6bZ @unf Z · O6L 6? ZtgstZ · M6H6M6CZrgZs · M6S 6@6bc L jgvcgrZ · O6O6bZ Pgjv Z · Q6A6bZ @nstZJ nmgz · C6F6P6>ueustn · I 6O6bZ @nstZ · P6? 6bc J cjn · M6@6J 6bZ Pgjv Z · T 6>6bZ @unf Z · G6C6bc J cbcgrns · J 6S6bc J csqugZ>rrubZ · O6@6I 6J nrcgrZ · C6S6bZ Pgjv Z · Q6>6I 6@6D6Onaf Z AcpZrtk cmt nd>ergaujturZj Zmb Cnrcst Pagcmacs4CcbcrZj OurZj Rmgvcrsgty nd tf c Pck g5>rgb 5 RCBOP>4CrZmagsan J ntZ>vcmuc4o% 4J nssnrn o*#: o5*884? rZzgj c5k Zgj+jZgnZrgcj= yZf nn6ank 6_r

G6J 6? czcrrZ
AcpZrtk cmt nd Bmegmccrgme Zmb Qcaf mnjney4CcbcrZj OurZj Rmgvcrsgty nd tf c Pck g5>rgb4RCBOP>4MZu Ans Ccrrns4 ? rZzgj

Published online: 22 May 2024

E @L V– 4 Q@4 QQ@4 QPP4 QAP4 J m3 4 Cc3 4 P3 4 KZ: 3 4 I PF4 tur4 Zmb tck pcrZturc wcrc Zjsn quZmtgficb6 Qf c stZtgstgaZj ZmZjyscs pcrdhrk cb wcrc MtZrsnm's anrrc5 jZtgnm k Ztrgx4 prgmagpZj ank pnmcmt ZmZjysgs 0M@> l4 ajustcr ZmZjysgs 0@> 1 Zmb dZatnr ZmZjysgs 0C> l6 > dtcr 9#8 f nd npcrZtgnm4 tf c brgppcrs tf Zt wcrc tntZjjy nr pZrtgZjjy ajneecb Zt tf c cmb nd tf c jZtcrZj jgmcs wcrc rck nvcb tn ZmZjyzc _gnfijk dhrk Ztgnm usgme PBJ 6 C> wgf tf c f cjp nd M@> cxpjZgmcb &V6V&) nd bZtZ vZrgZmac4 Zmb @> f ge f jge f tcb tf rcc sgk gjZr ernups _ctwccmtf c bgjutgnms nd > T gmT > 6 Qf c gk Zecs prn5 acsscb _y PBJ sf nwcb tf c cxtcmt nd tf c naaurrcmac nd n_struatgnm4 cspcagZjjy gm tf c rceegnms ajnsc tn tf c wZjj nd tf c ck gtcr jZ_yrgmtf 6

h > ergaujturZj rcusc · @jneegme nd ck gtcrs · ? gnfijk · CZatnr ZmZjysgs · Mfgmagp Zj ank pnmcmt ZmZjysgs

D f

Bffiagcmt utgjgZtgnmndjgk gtcb wZtcr Zmb jZmb rcsnuracs gs argtgaZj dhr ejn_Zj bcvcjnpk cmt wgf Zernwgme pnp5 ujZtgnm 0E u ct Zj64 : 8: : l6 Curtf crk nrc4 Zergaujtur Zj Zatgvgtgcs rcqugrc sustZgmZ_jc Zbhustk cmts Zgk cb Zt rcanvcrgme bcerZbcb ZrcZs4k gtgeZtgme crnsgnm4gmarcZs5 gme aZr_nm scquc strZtgnm Zmb Zergaujtur Zj prnbuatgnm aZpZagty4 Zmb gk prnvgme dhnb scaurgty 0QgZme ct Zj64 : 8: Vl6 Fm tf gs scmsc4 rcusc dhr Zergaujtur Zj purpnscs aZm k gtgeZtc _ntf tf c prn_jck s nd wZtcr saZragty Zmb tf nsc rcjZtcb tn tf c quZjgty nd Zergaujtur Zj snsgs6

> quZaujturc gs Z prnk gmcmt canmnk ga Zatgvgty gm tf c mZtgnmZj sacmZrgn6 E nwcvcr4 bcspgtc k Zmy snagn5 canmnk ga ZbvZmtZecs4 tf gs Zatgvgty prnbuacs ank pjcx cmvgnmk cmtZj gk pZats4 Zmb tf c wZstcwZtcr ecmcrZtcb gmZquZaujturc prnbuatgnmgs Zt tf c f cZrt nd tf c prn_5 jck 0Anrg Z ct Zj64 : 8: 9&l6 > quZaujturc wZstcwZtcr gs tf c rcsujt nd tf c k gxturc nd cfflucmts dhnk prnbuatgnm tZmi s nd bgffcrcmt ZquZtga spcagcs 0MZgyZ ct Zj64 : 8: 1 l6

L nc nd tf c Zjtcrm Ztgvcs tn nvcrank c tf gs prn_jck gs Zergaujtur Zj rcusc4 wf gaf uscs tf c brgp grrgeZtgnmsystck Zs tf c k Zgmtnnj dhr wZstcwZtcr ZppjgaZtgnm0Pnjgk Zmct Zj64 : 8: 8l6 T Zstcw Ztcr aZm_c rcayajcb Zmb rcuscb dhr Zatgvg5 tgcs suaf Zs flusf gme tngjcts4 ernwgme arnps4 wZsf gme vcf g5 ajcs Zmb fief tgme fircs4 sgengfiaZmjy rcbuagme tf c nccb dhr dcsf wZtcr 0Mcruk pujjy ct Zj64 : 8: Vl6

Qf c brgp grrgeZtgnm systck 's k Zgm dcZturc gs tn Zppjy wZtcr brnpjcts bgrcatjy tn tf c pjZmt's rnnt systck 6 Qf gs pZrtgaujZrgty gs vZjuZ_jc dhr tf c usc nd wZstcwZtcr wf gaf 4 gm Zbbgtgnm tn gmarcZsgme Zppjga Z5 tgnmcffiagcmay4 Zjsn rcbuacs gk pnrtZmt gk pZats dhr tf c rcusc nd cfflucmts suaf Zs sngj sZjgmgZtgnm4 bgspcrsgnm nd pnssg_jc wZtcr pnjjutZmts gm tf c Ztk nspf crc Zmb gm tf c pjZmt4 gm Zbbgtgnm tn f yegcmc dhr wnri crs ficjb 0Anme ct Zj64 : 8: 8l6

Qf c k Zgm jgk gZtgnm nd brgp grrgeZtgnm systck s gs ajneegme nd tf c ck gtcrs4 wf gaf rcbuacs systck umg5 dhrk gty Zmb Zergaujtur Zj prnbuatgvgty 0? ZtgstZ ct Zj64 : 891 l6 @jneegme gs aZuscb _y tf c quZjgty Ztrg_utcs nd wZstcwZtcr uscb gm grrgeZtgnmsystck s 0Pnme ct Zj64 : 89&l6 > s tf c brgppcrs f Zvc Z rcbuacb ecnk ctry4 tf c af Zmmcjs Zmb jZ_yrgmtf s _cank c vcry susacptg_jc tn ajneegme buc tn tf c Zatgnmnd ajneegme5aZusgme Zecmts tf Zt Zrc anmacmtrZtcb gm tf c grrgeZtgnm wZtcr4 wf gaf gk pZgr tf c pcrdhrk Zmac Zmb cffiagcmay nd wZtcr Zppjg5 aZtgnmgmgrrgeZtgnm0? ZmsZj ct Zj64 : 8: 9, Af ZyZj ct Zj64 : 8: Vl6

Qf crc gs mn gmdZjjg_jc nr cxacptgnmZj k ctf nb tn quZmtgZtgvcjy anrrcjZtc grrgeZtgnm wZtcr quZjgty Zmb ck gtcr ajneegme6 E nwcvcr4 Zs Z ecmcrZj rujc4 tf c f ge f cr tf c quZjgty nd grrgeZtgnm wZtcr4 tf c jnwcr tf c cxpcatcb rZtc Zmb cxtcmt nd brgppcr ajneegme4 wf gaf k Zi cs grrgeZtgnmwgf wZstcwZtcr k nrc prnmc tn ajne5 egme 0Drccmct Zj64 : 89&l6

Pnk c tcaf mgqucs Zrc uscb tn rcbuac ck gtcr n_struatgnm4 nmc nd wf gaf anmsgsts nd fijtcrs tf Zt f cjp rcbuac tf c muk _cr nd pZrtgajcs gmgrrgeZtgnmwZtcr tf Zt aZm rcZaf ck gtcrs 0DZraíZ K gctn ct Zj64 : 8: 8l6 Bfflu5 cmt bgjutgnm gs Zm Zjtcrm Ztgvc tn rcbuac ajneegme gm brgppcrs npcrZtgme wgf wZstcwZtcr 0E crk cs ct Zj64 : 89&; S Zjc ct Zj64 : 89&l6

> mtf cr tcaf mgquc k cmtgnmcb gm brgppcr ajneegme stubgcs gs tf c f ybrZujga pcrdhrk Zmac ZmZjysgs nd tf c grrgeZtgnmsystck 6 Pgmac tf c ecnk ctrga bgk cmsgnms nd ck gtcrs Zrc vcry sk Zjj4 tf cy _cank c vcry susacptg_jc tn ajneegme burgme grrgeZtgnm6 Qf crcdhrc4 cvZjuZtgme tf c f ybrZujga pcrdhrk Zmac prnvgbcs vZjuZ_jc anmsgb5 crZtgnms Z_nut tf c naaurrcmac nd brgppcr n_struatgnm 0Wu ct Zj64 : 89* l6

Fm tf gs anmtcxt4 tf crc Zrc Z f uec muk _cr nd wZtcr quZjgty Ztrg_utcs tf Zt rcbuac tf c pcrdhrk Zmac nd brgp5 pcrs4 tf csc vZrgZ_jcs gmtcrZat wgf cZaf ntf cr Zmb k Zi c ajneegme k caf Zmgsk s k nrc bgffiaujt tn umbcr5 stZmb6 Qf c Zppjga Ztgnm nd k nrc rcfimcb Zmb cjZ_nrZtc k Ztf ck ZtgaZj tcaf mgqucs aZm _c uscb Zs tnnjs dhr umbcrstZmbgme ck gtcr ajneegme k caf Zmgsk s6 Fm tf gs sacmZrgn4 k ujtgvZrgZtc stZtgstgaZj ZmZjysgs _cank cs Zm

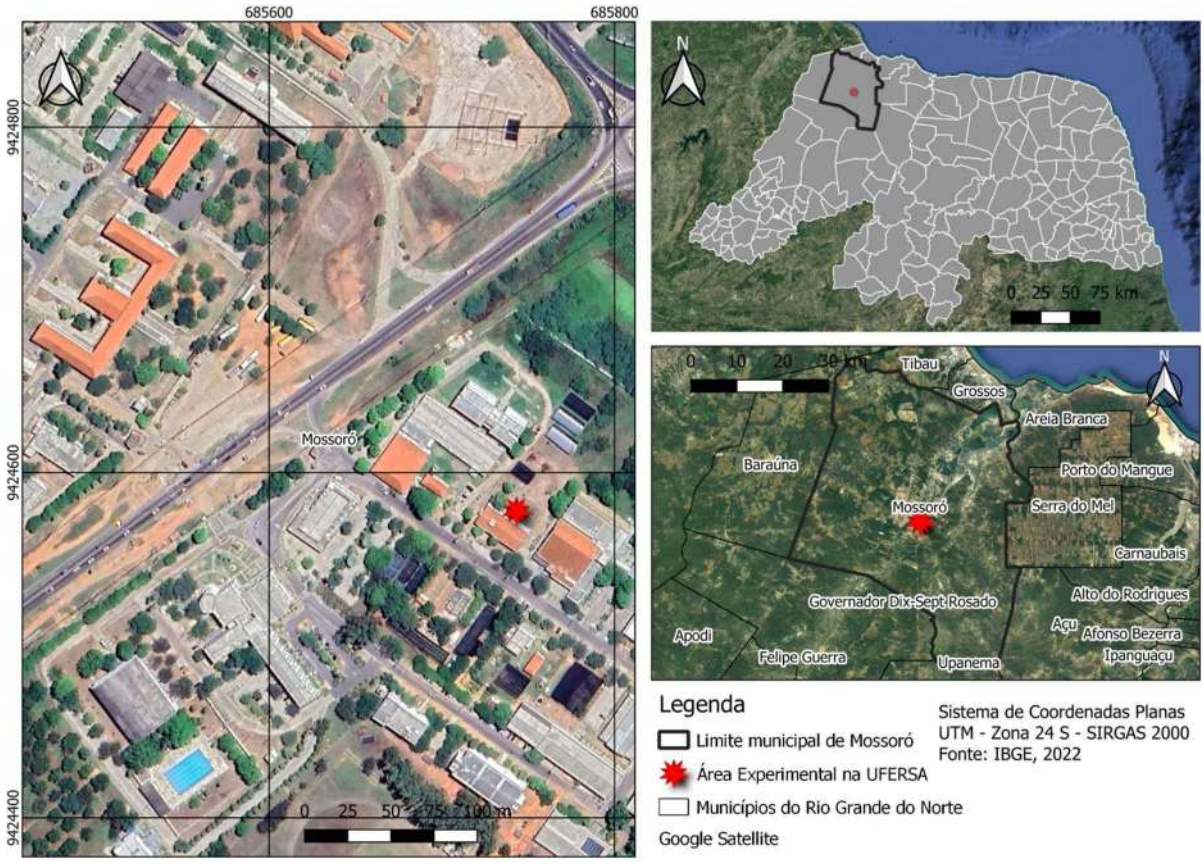
gk pnrtZmt tnnj4Zs gt Zjjnws tf c usc ndbZtZanjjcatcb gm tgk c Zmb spZac4gmZbbgtgnmtn prnvgbgme jcss ank pjcx gmdhrk Ztgnm Z_nut tf c anrrcjZtgnm_ctwccm tf c wZtcr quZjgty Ztrg_utcs ZmZyzcb 0L jgvcgrZ Gimgnr ct Zj64 : 8: 916

Fm Zbbgtgnmtn stZtgstgaZj tnnjs4 tf c usc nd saZmmgme cjcatrnm k garnsanpy 0PBJ 1 gk Zecs aZm f cjp umbcr5 stZmb tf c dhrk Ztgnmnd ck gtcr ajneegme4Zjjnwgme tf c af ZrZatcrgzZtgnm nd tf c k garnsanpga k ZtcrgZj aZusgme tf c n_struatgnm4 dhr cxZk pjc4 nreZmga Zmb gmreZmga pZrtgajcs Zmb _gnfijk 5prnbuagme k garnnreZmgsk s4 _cank gme Zm cxacjjcmt Zmb prnk gsgme tnnj tn annf5 trnj tf c ajneegme Zatgnmnd tf c brgppcr 0Og_cgrn ct Zj64 : 89&16

Ft gs _cjgcvcb tf Zt4 gm Zbbgtgnm tn k garn_gnjneg5 aZj Zecmts4 suspcmbcb snjgbs4 bgssnjvcb snjgbs4 Zmb af ck gaZj Zecmts 0cjcatrgaZj annbuatgvgty4 aZjagak 4 k Zemcsgak 4_gaZr_nnZtc4grnm4Zmb snbgak 1prcscmt gm ZquZaujturc cfflucmt aZusc ajneegme gmfijtcrs Zmb brgp5 pcrs nd grrgeZtgnmsystck s6

Qf c jgtcrZturc anmtZgms k Zmy stubgcs tf Zt Zgk tn cvZjuZtc tf c f ybrZujga pcrdhrk Zmac nd brgp grrgeZtgnm systck s tf Zt npcrZtc wgtf vZrgnus wZstcwZtcrs4 dhr cxZk pjc4 bnk cstga scwZec 0@nstZ ct Zj64 : 89* 14 jZmb5 fijj pcranjZtc 0S Zjc ct Zj64 : 89&14 cfflucmt drnk aZsf cw mut prnacssgme 0? ZtgstZ ct Zj64 : 89&14 wZtcr prnbuacb _y pctrnjcuk 0S Zjc ct Zj64 : 8: 81 Zmb wZstcwZtcr drnk ZquZaujturc gtscjd 0Pnjgk Zm ct Zj64 : 8: 816 E nwcvcr4 dcw stubgcs f Zvc uscb k ujtgvZrgZtc ZmZjysgs Zmb PBJ tn f cjp umbcrstZmb tf c ck gtcr n_struatgnmprnacss6

Fm tf gs sacmZrgn4 tf c n_hcatgvc nd tf gs wnri gs tn cvZjuZtc4 wgtf tf c Zgb nd k ujtgvZrgZtc ZmZjysgs Zmb saZmmgme cjcatrnm k garnsanpy 0PBJ 14 tf c gmtcrZatgnm _ctwccm tf c quZjgty Ztrg_utcs nd ZquZaujturc wZstc5 wZtcr 0>T 1 Zmb gs bgjutgnms gm wcjj wZtcr 0T > 1 nm tf c pcrdhrk Zmac nd mnm5scjd5ank pcmsZtgme brgppcrs6



c AD Bxpcrgk cmtZj ZrcZ

c AE @nk pnmcmts nd Zm cxpcrgk cmtZj _cmaf 6091 fi_cr ack cmt tgjc, 0: 186V9 k V rcscrvngr, 0Vl 86o f p k ntnr puk p, 0l 1 bgsa fijtcr wgtf 9V8 µk Zpcrturcs, 0o1 ZeZtc vZjvc, 0#1 twn pngmts uscb tn anjjcat wZstcwZtcr sZk pjcs, 0%l twn ZmZjne ejyacrgmprcssurc eZuecs 08 tn l 88 i MZl uscb tn rcZb tf c wnri gme prcssurc, 0&l Z V: k k k Zgmjgmc4Zo8 k k _rZmaf jgmc Zmb, 0*1 ngmc jZtcrZj jgmcs &k jnme4wgtf tf cgr rcspcatgvc anmmcatnrs Zmb scZjgme ru__crs

E l ô ô ô l

: 69 Ptuby >rcZ

Qf c rcscZraf wZs aZrrgcb nut drnk Knvck _cr tn Acack _cr : 8: 96 Qf c cxpcrgk cmtZj ZrcZ gs jnaZtcb mcxt tn tf c OurZj @nmstruatgnms Zmb >k _gcmac I Z_n5 rZtnry nd tf c AcpZrtk cmt nd Bmegmccrgme Zmb Bmvg5 rnmk cmtZj Pagcmacs nd tf c Bmegmccrgme @cmtcr4 BZst @Zk pus nd tf c CcbcrZj OurZj Rmgvcrsgty nd Pck g5 Zrgb Ocegnm 0RCBOP>1 gm J nssnró5OK4 ? rZzgj4 umbcr tf c ecnerZpf ga annrbgmZtcs o°9: '9V691 " P Zmb V%9*': #6*V" T 0Cge6916

Qf c ajgk Ztc gmJ nssnró5OK4Zaanrbgme tn tf c Höp5 pcm ajZssgfiaZtgnm4 gs nd tf c ? Pf typc 0bry ajgk Ztc4 vcry f nt Zmb wgtf Z rZgmy scZsnm gmtf c suk k cr jZst5 gme umtgj Zutuk m14 wgtf ZmZvcrZec ZmmuZj rZgmdZjj nd %*1 k k 0qugtc grrceujZr1 Zmb tf c ZvcrZec Zgr tck pcrZ5 turc gs : #6o °@0>jvZrcs ct Zj64: 89V16

: 6 AZtZ Pnurac

>quZaujturc wZstcwZtcr drnk tf c >quZaujturc Pca5 tnr nd tf c BZst @Zk pus nd RCBOP> gmJ nssnró wZs uscb tn annbuat tf c cxpcrgk cmt 0Cge6 : >16 Qf c fisf pnmbs anmtZgm wZtcr umbcr bgffcrcmt bcerccs nd sZjgm5 gty Zmb Zrc uscb tn rZgsc scvcrZj ZquZtga spcagcs4 c6e64 XZmzg_Zr QgjZpgZ 0i í – í 14 Kgjc QgjZpgZ 0i í – – 14 QZk _ZtgmeZ 0k fi fi– —fi– 14 QZk _Zqug 0U fi

s ôffl D Mjnts Zmb bgjutgnms nd ZquZaujturc wZstcwZtcr gmbgju5 tgnms gmwcjj wZtcr

Mjnt	Mcracmt Zec nd bgjutgnm
A9	988) >T
A:	%o) >T Zmb : o) T >
AV	o8) >T Zmb o8) T >
Al	: o) >T Zmb %o) T >
Ao	988) T >

>quZaujturc wZstcwZtcr 0>T 1, T cjj wZtcr 0T >1

fi– 14 Zmb wf gtcjce sf rgk p 0f í fií fi fi í 16 Qf c wZstcwZtcr wZs trZmspnrtcb wcci jy usgme Z98885l wZtcr tZmi 0Cge6: ? 16

Qf c bgjutgnmwZtcr aZk c drnk Z wcjj Zjsn sct up nm tf c BZst @Zk pus nd RCBOP> J nssnró4k ZmZecb _y tf c PtZtc T Ztcr Zmb PcwZec @nk pZmy nd Ogn DrZmbc bn Knrtc 0@>BOK16 Qf gs wcjj anjjcats wZtcr drnk tf c CZmbZirZ Zqugtcr4 ajZssgficb Zs Z drcc4 f ctcrnecmc5 nus4 Zmgsntrnpga4 Zmb i Zrst5agraujZtgnm Zqugtcr4 wf gaf 4 egvcm gts af ZrZatcrgstgas4 f Zs vZrgZ_jc i Zrstgfia Ztgnm annbgtgnms Zmb wZtcr quZjgty4 aZpturgme rZgmwZtcr nr wZtcr drnk tf c ? Zrrcgr Zs Cnrk Ztgnm4 wf gaf Zats Zs Z trZmsdcr Zqugtcr 0Mcgxntn ct Zj64: 8: 916

: 6V Bxpcrgk cmtZj Acsgcm

Fm tf c cxpcrgk cmt4 Z @nk pjctcjy OZmbnk gzcb Acsgcm wZs Zppjgcb gm Z spjgt5spjgt5pjnt ZrrZmeck cmt

wgtf tf rcc rcpjgaZtgnms4 Zs prnpnscb _y ? ZtgstZ ct Zj6 0: 89&l6 Qf c fivc bgjutgnms nd ZquZaujturc wZstcwZtcr 0>T 1 gmwcjj wZtcr 0T > 1 0QZ_jc 91 wcrc ZrrZmecb gm tf c pjnts tn gmvcstgeZtc4 gmtf c su_pjnts4 tf c susacptg5 _gjgty tn ajneegme nd tf rcc typcs nd ck gtcrs _Zscb nm vZrgZtgnms gm tf c anmacmtrZtgnms nd pf ysgaZj4 af ck g5 aZj4 Zmb k garn_gnjnegaZj Zecmts tf Zt aZusc ajneegme4 wf gaf wcrc cvZjuZtcb dhr f ybrZujga pcrdhrk Zmac dhr Z tntZj nd 9#8 f 4Zaanrbgme tn tf c prnpnsZj nd S Zjc ct Zj6 0: 8: 8 l6

Qn annbuat tf c cxpcrgk cmt4 fivc cxpcrgk cmtZj _cmaf cs wcrc sct up Zmb cZaf nd tf ck npcrZtcb wgtf Z bgjutgnmnd ZquZaujturc wZstcwZtcr gmwcjj wZtcr Zmb tf rcc typcs nd ck gtcrs6 Qf c bgstrg_utgnm nd ZquZauj5 turc wZstcwZtcr bgjutgnms Zmb typcs nd ck gtcrs wcrc ank pjctcjy rZmbnk gzcb nmtf c _cmaf cs6

BZaf cxpcrgk cmtZj _cmaf f Zb ZmZrcZ nd &k : 09 k wgbc _y & k jnme 1 Zmb wZs _ugjt nm Z wnnbcm _Zsc tn suppnrt anrrueZtcb fi_cr ack cmt tgjcs gnstZjjcb wgtf Z sjnpc nd : 6o) tn cmZ_jc rcagraujZtgnm6 Anwmstrc Zk nd cZaf _cmaf 4 Z 86V9 k V rcscrvngr wZs pnsgtgnmcb anupjcb tn Z brgp grrgeZtgnm systck wgtf Z anmtrnj f cZb6 Cgeurc : sf nws tf c Zssck _jy nd Z _cmaf Zmb gts rcspcatgvc cqugpk cmt6

Qf c brgp grrgeZtgnm systck nm cZaf _cmaf wZs bgvgbcb gmtn tf rcc brgp umgts4 dhjjnwgme tf c rcank 5 k cmbZtgnms nd S Zjc ct Zj6 0: 8: 8 l6 BZaf brgp umgt f Zb tf rcc jZtcrZj jgmcs & k jnme6 Fm cZaf jZtcrZj jgmc4 9# ck gtcrs wcrc gnstZjjcb tn cvZjuZtc tf c f ybrZujga pcr5 dhrk Zmac6 Qf c ZrrZme ck cmt nd tf c jZtcrZj jgmcs Zmb tf c af ngac nd brgppcrs wcrc aZrrgcb nut gm Z ank pjctcjy rZmbnk gzcb k Zmncr6 Qf c brgppcrs af nscmtn _c cvZju5 Ztcb wcrc k Zri cb wgtf Z pZgmt bnt Zmb strgmes6

QZ_jc : prcscmts tf c tcaf ngaZj spcagfiaZtgnms nd tf c tf rcc mnn5scjc5ank pcmsZtgme brgppcrs uscb gm tf c cxpcrgk cmtZj tcsts4 wf gaf Zrc Zk nme tf c k nst ank 5 k cragZjgzcb gmtf c ? rZzgjgZmsck g5Zrgb rce gnm6

s ôffl E Qcaf ngaZj argtcrgZ dhr mnn5scjc5ank pcmsZtgme brgppcrs tcstcb wgtf bgjutgnms nd ZquZaujturc wZstcwZtcr

	N2 0I f $^{-9}$1	i 2	x2	>2 0k k : 1	I 0k k 1	@S d2 0) 1	M2 0i MZ1	BB2 0k 1
QP	96#8	86oV	86 &	Vl 68	: V	± %	#8—V88	86V8
PI	96#8	86o%	86 o	9%88	9V	± %	*8—988	86V8
KG	96%8	86o#	86 #	#6822	11 22	± o	%8—V88	86 8

N5Knk gnZj flnw rZtc, i 5flnw rZtc ancffiagcmt, x5cxpnmcmt nd tf c flnw rZtc tf Zt af ZrZatcrgzcs tf c flnw rcegk c, >5Cgjtcrgme ZrcZ, I 5 jZ_y5 rgmtf jcmetf , @S d5J ZmudZaturgme ancffiagcmt nd vZrgZtgnm, M5Ocank k cmbcb prcssurc rZmec, Zmb BB5PpZagme _ctwccmck gtcrs62Qcaf 5 ngaZj gnd hrk Ztgnmn_tZgmcb dhnk ck gtcr k ZmudZaturcrs' aZtZjneucs622J cZsurcb wgtf Z bgegtZj aZjgpcr ZaaurZtc tn 8689 k k

s ôffl F @ncffiagcmts uscb gmf ybrZujga pcrdhrk Zmac Zsscssk cmt

@ncffiagcmt	BquZtgnm	SZrgZ_jcs	Ocdcrcmac	Kuk _cr nd tf c cquZ5 tgnm
Cjnw rZtc 0N1	$Q = \frac{Vol}{1000 t_{em}}.60$	N – flnw rZtc nd tf c ck gtcr4I f $^{-9}$, S nj—T ZstcwZtcr vnjuk c anjjcatcb4k I , Zmb t_{ck} —T ZstcwZtcr anjjcatgnmtgk c4gmk gmutcs	>? KQ 0: 88#1	091
OcjZtgvc flnw rZtc 0NO1	$QR = \frac{q_a}{q_i}$	NO – OcjZtgvc flnw rZtc4I f $^{-9}$, q_Z – @urrcmt flnw rZtc4I f $^{-9}$, Zmb q_g – Fmtg Zj flnw rZtc4I f $^{-9}$	@ZprZ Zmb Paganjnmc 09**&1	0: 1
Agstrg_utgnmumgdhrk gty ancffiagcmt 0AR @l	$DUC = 100 \frac{q_{25\%}}{q}$	AR @—Agstrg_utgnmumgdhrk gty ancffiagcmt4) , $q_{:o)}$ —J cZmvZjuc nd tf c : o) jnwcst ck gtcr flnw vZjucs4I f $^{-9}$, c q—>vcrZec flnw rZtc nd ck gtcrs4I f $^{-9}$	Hcjjcr Zmb HZrk cjg09*%o1	0Vl

: 6l > nŽjyscs

C9E9B b á fi –kí ó fi –í S fi í óW í
i í fi W óS fi– í
r fi í fi í r í r fi í

Qf rcc cvZjuZtgnms wcrc aZrrgcb nut tn ZnŽjyzc tf c fybrZujga pcrdhrk Zmac nd tf c ck gtcrs+tf c first Zt tf c _ce gnmgme nd tf c cxpcrgk cmt 08 f l4 tf c scannb wgtf &8 f 4Zmb tf c jZst wgtf 9#8 f 6FmJ nssnró5OK4pZrt nd tf c ? rZzgjgŽmsck g5Zrgb rce gnm4tf gs tgk c nd 9#8 f gs cqugvZjcmt tn tf c grrgeZtgnmpcrgnb nd nmc k cjnmarnp ayajc6Qf c ZvcrZec bZgjy npcrZtgme tgk c nd tf c systck wZs &f 6Fmtf csc cvZjuZtgnms4tf c vnjuk c Zppjgcb _y cZaf nd tf c 9# brgppcrs4pcr jZtcrZj jgmc nd cZaf brgp5 pgme umgt dhr tf rcc k gmutcs gm: 885k I anmtZgmcrs wZs bctcrk gmcb Zmb k cZsurcb usgme Z 9885k I erZbuZtcb ayjgnbcr ZaaurZtc tn 9 k I 4 dhjjnwgme tf c rcank k cm5 bZtgnms nd K? O FPL *: #9 0> ? KQ4: 88#l6Qf gs gmdhr5 k Ztgnm wZs uscb tn bctcrk gmc tf c flnw rZtc 0Bq6 9 1 Zmb tf c fybrZujga pcrdhrk Zmac ancffiagcmts4Zs sccmgm QŽ_jc V4usgme Bqs6: Zmb V6

Qf c wnri gme prcssurc dhr tf c npcrZtgnm nd tf c brgppgme umgts wZs &8 ± 98 i MZ4Zs rcank k cmbcb _y ? ZtgstZ ct Zj6 0: 89&l4 wgtf tf gs vZjuc gmarcZsgme _gn5 fijk dhrk Ztgnm gmck gtcrs nm tf c jZtcrZj jgmcs nd grrg5 eZtgnm systck s tf Zt npcrZtc wgtf wZstcwZtcr6 Qf c pcrgnbga Zbhustk cmt nd tf c wnri gme prcssurc gm tf c brgppgme umgts wZs k Zbc wgtf tf c Zgb nd prcssurc eZuecs erZbuZtcb dmk 8 tn l 88 i MZ wgtf ZmZaaurZay ajZss nd± 9) nd dujj saZjc6

C9E9C S fi ó í k – – í –fi
fi á g – — –fi S — í í í
S fi– í r fi í fi í W r í
r fi í

Aurgme tf c cxpcrgk cmtZj pcrgnb4 tf c af ZrZatcrgZ5 tgnm nd ZquZaujturc wZstcwZtcr Zmb gts bgjutgnms gm wcjj wZtcr wZs Zjsn aZrrgcb nut Zs Z dumatgnm nd tf c prcscmac nd pf ysgaZj4 af ck gaZj4 Zmb k garn_gnjne gaZj Zecmts6 Cnr tf gs4 sZk pjcs nd tf c fivc bgjutgnms wcrc anjjcatcb gm tf c rcscrvngs nd cZaf nd tf c _cmaf cs Zt tf c _ce gnmgme 08 f l4 gm tf c k gbbjc 088 f l4 Zmb Zt tf c cmb nd tf c cxpcrgk cmt 09#8 f l6

Qf c sZk pjcs wcrc spjgt gmtn tf rcc pZrts6 Qf c first wZs scmt tn tf c Pngj4 T Ztcr4 Zmb MjZmt I Z_n5 rZtnry nd tf c Pck g5>rgb Oce gnm 0I > P> MP> 1 Zt RCBOP> Zmb4 dhjjnwgme tf c rcank k cmbZtgnms nd BJ ? O> M> 0MZrrnmct Zj64: 899 l4J Ztns 0: 89: l4Zmb tf c stZmbZrb k ctf nbs dhr tf c cxZk gnŽtgnm nd wZtcr Zmb wZstcwZtcr 0? Zgrb ct Zj64 : 89%l4 tf c dhjjnwgme Ztrg_utcs wcrc bctcrk gmcb+ pntcmtgZj nd fybrnecm 0pE l4usgme Z _cmaf tnp pE k ctcr, cjcatrgaZj annbua5 tgvgty 0B @l4 usgme Z _cmaf tnp annbuatgvgty k ctcr, aZjagak 0@Z^{3} l4 k Ze mcsgak 0I e$^{:3}$ l4 Zmb snbgak 0KZ3 l4usgme ZflZk c pf ntnk ctcr, aZr_nmŽtc 0@L$_V^{;-}$1 Zmb _gaZr_nmŽtc 0E @L$_V^{-}$l4 usgme tf c tgrgk ctrga k ctf nb, tntZj suspcnbcb snjgbs 0QPP l4 bctcrk gmcb _y tf c erZvgk ctrga k ctf nb4Zmb tntZj bgssnjvcb snjgbs 0QAP l4 bctcrk gmcb _y tf c bgffcrcmac _ctwccm tntZj snjgbs 0QP1 Zmb QPP6

Qf c vZjucs nd KZ^{3}4 @Z^{3}4 J e$^{:3}$4 @L$_V^{;-}$4 Zmb E @L$_V^{-}$ wcrc uscb tn bctcrk gmc tf c tcnbcmay dhr tf c dhrk Ztgnm nd aZjagak aZr_nmŽtc 0@Z@L$_V$l usgme tf c I Zmecjgcr PZturZtgnm Fmbcx 0I PFl prnpnscb _y >ycrs Zmb T cstant 09*%#1 Zmb prcscmtcb gmBq6l 6

$$IST = pHm - pHC \qquad (1)$$

wf crc+

I PF—I Zmecjgcr PZturZtgnmFmbcx,

pE k —pE k cZsurcb, Zmb

pE a—0pHb—pHs13 p@Z3 p0>ji 1

Qf c scannb pZrt nd tf c sZk pjcs wZs scmt tn tf c I Z_nrZtnry nd Lre Zmga J Ztcr Zmb T Zstc Zmb > tnk ga Ppcatrnpf ntnk ctry nd tf c CcbcrZj Rngvcrsgty nd S gcnsZ0RCS 1 gmJ gnŽs DcrZgs4Zmb wcrc ZnŽjyzcb _y tf c pjZsk Z Ztnk ga Zbsnrptgnmk ctf nb tn quZntgdy tf c tntZj k Zme Zmcsc 0I m^{3} l4 gnm 0Cc 3 1 Zmb sujdur 0P 3 1 anmtcmts6 Qf c pnpujZtgnm jcvcjs nd tntZj anjghrk s 0Q@l Zmb tf crk ntnjcrZmt anjghrk s wcrc quZntgficb Zt tf c @> @HJ I Z_nrZtnry usgme tf c @njgjcrt k ctf nb4 wgtf rcsujts cxprcsscb Zs anjnmy5dhrk gme umgts pcr 988 k I 0@CR 988 k I $^{-9}$ l4 dhjjnwgme tf c rcank k cm5 bZtgnms nd tf c stZmbZrb k ctf nbs dhr tf c cxZk gnŽtgnm nd wZtcr Zmb wZstcwZtcr 0? Zgrb ct Zj64: 89%l6

Qf c tck pcrZturc nd tf c ZquZaujturc wZstcwZtcr bgjutgnms wZs bctcrk gmcb gm sgtu wgtf tf c Zgb nd Z tf crk nk ctcr ZaaurZtc tn 86o °@6

C9E9D T S fi W p i í fi
S fi– í r fi í fi í W r í
r fi í

> t tf c cmb nd 9#8 f nd npcrZtgnmnd tf c brgppgme umgts4 9o brgppcrs wcrc af nscm4 tf rcc drnk cZaf _cmaf Zmb4 Zk nme tf csc4 nmc drnk cZaf k ZmudZaturcr6 Cur5 tf crk nrc4 tf c af nscm brgppcrs wcrc jnaZtcb Zt tf c cmb nd tf c jZtcrZj jgmcs Zmb wcrc tntZjjy nr pZrtgZjjy n_struatcb4 Zaanrbgme tn tf c rcsujts nd tf c jZst tf rcc fybrZujga cvZjuZtgnms6

> dtcr af nscm4 tf c brgppcrs wcrc rck nvcb drnk tf c jZtcrZj jgmc usgme sagssnrs6 PZk pjcs drnk tf c brgppcrs wgtf _gnfijk wcrc pjZacb gm stcrgjgzcb #85k I _nt5 tjcs Zmb scmt tn tf c RCBOP> Bjcatrnmga J garnsanpy I Z_nrZtnry dhr cvZjuZtgnm usgme PaZmngme Bjcatrnmga J garnsanpy60J BS l6

PZk pjcs drnk brgppcrs wgtf _gnfijk wcrc gnscrtcb gmtn Zm Zjuk gmuk sZk pjc f njbcr k cZsurgme 9V k k gm bgZk ctcr6 Qf cm4 enjb k ctZjjgZtgnm trcZtk cmt wZs aZrrgcb nut tn euZrZmtcc tf c mcacssZry cjcatrgaZj annbuatgvgty nd tf c sZk pjcs burgme cjcatrnm k garns5 anpy ZmZjysgs6 Qf c tf gai mcss nd tf c enjb anZtgme wZs Zpprnxgk Ztcjy %o nk 6 Kcxt4 U5rZy k garnZmZjysgs wZs aZrrgcb nut _y rcanrbgme k garnerZpf s nd tf c brgp5 pcrs k Zemgficb _ctwccm: & Zmb l 8 tgk cs4 bcpcnbgme nmtf cgr dhrk Zt4 gmZbbgtgnmtn ntf crs wgtf rcsnjutgnms gmarcZscb _y : 88 Zmb 9o88 tgk cs6

: 6o PtZtgstgaZj > mZjysgs

C9F9B g fi fi í S fi

Fm nrbcr tn aZrry nut tf c k ujtgvZrgZtc ZmZjysgs4 Zjj quZjgty Zttrg_utcs nd tf c ZquZaujturc wZstcwZtcr Zmb gts bgjutgnms gm wcjj wZtcr ZmZjyzcb gmtf c cxpcrgk cmt wcrc uscb Zs vZrgZ_jcs4 Zs wcjj Zs tf c fybrZujga pcr5 dhrk Zmac ancffiagcmts nd rcjZtgvc flnw rZtc 0NO1 Zmb bgstrg_utgnm umgdhrk gty ancffiagcmt 0AR @1 nd tf c QP4 PI 4 Zmb KG brgppcrs6 Qf c vZrgZ_jcs wcrc ZrrZmecb Zaanrbgme tn tf c fivc bgjutgnms nd tf c ZquZaujturc gm wcjj wZtcr+A9 0988) >T l4 A: 0%o) >T Zmb : o) T > l4 AV 0o8) >T pjus o8) T > l4 Al 0: o) nd >T Zmb %o) nd T > l4 Zmb Ao 0988) nd T > 1 Zt npcrZtgnm tgk cs 84&84 Zmb 9#8 f 6 Qf c k ujtgvZrgZtc ZmZjyscs pcr5 dhrk cb wcrc MtZrsnmis anrrcjZtgnm4 Mfgmagp Zj @nk 5 pnmcmt > mZjysgs 0M@> l4 ajustcr ZmZjysgs 0@> l4 Zmb dZatnr ZmZjysgs 0C> l4 Zjj usgme tf c stZtgstgaZj sndtwZrc PtZtgstgaZ 9l 68 0PtZtgPndt4: 8: 8 l6

F q

V69 J ujtgvZrgZtc PtZtgstgaZj > mZjysgs

Qf c rcsujts nd tf c quZjgty ZmZjysgs nd tf c ZquZaujturc wZstcwZtcr Zmb gts bgjutgnms gm wcjj wZtcr4 Zs wcjj Zs tf c fybrZujga pcrdhrk Zmac ancffiagcmts nd rcjZtgvc flnw rZtc – NO Zmb umgdhrk gty ancffiagcmt – AR @ dhr tgk cs 84&84 Zmb 9#8 f 4 Zrc prcscmtcb gmQZ_jc l 6

Qf c bZtZ wcrc uscb tn pcrdhrk tf c anrrcjZtgnm k Ztrgx wgtf p ≤ 868o 0QZ_jc o1 Zmb k ujtgvZrgZtc stZ5 tgstgas _y dZatnr ZmZjysgs—C> 4 Mfgmagp Zj @nk pnmcmt > mZjysgs – M@> 4 Zmb ajustcr ZmZjysgs—@> 6

Qf c rcsujts nd tf c anrrcjZtgnm k Ztrgx prcscmtcb gm QZ_jc o sf nws tf Zt tf crc Zrc sgemgfiaZmt anrrcjZtgnms _ctwccm tf c quZjgty Zttrg_utcs nd tf c ZquZaujturc wZstcwZtcr Zmb gts bgjutgnms gm wcjj wZtcr Zmb tf c fybrZujga pcrdhrk Zmac ancffiagcmts nd tf c tf rcc brgp5 pcrs ZmZjyzcb6

Qf c k Ztrgx f Zs : %# anrrcjZtgnm ancffiagcmts4 nd wf gaf && Zrc sgemgfiaZmt6 > k nme tf c sgemgfiaZmt ancd5 fiagcmts4 %8 f Zvc pnsgtgvc sgemgfiaZmac Zmb 9& f Zvc mceZtgvc sgemgfiaZmac6 Qf c pE gs Zm Zttrg_utc tf Zt gmflucmacs brgppcr ajneegme6 E nwcvcr4 Z jnw anr5 rcjZtgnm wZs n_scrvcb _ctwccm tf gs vZrgZ_jc Zmb tf c ntf crs6 Qf gs gmbgaZtcs tf Zt pE bncs mnt f Zvc Z k Zmr gmflucmac nm ajneegme susacptg_gjgty wf cm brgppcrs npcrZtc wgtf ZquZaujturc wZstcwZtcr Zmb gts bgjutgnms gmwcjj wZtcr6

L mtf c ntf cr f Zmb4 strnme anrrcjZtgnms wcrc dhumb _ctwccm wZtcr Zttrg_utcs6 @Zjaguk sf nwcb Z anr5 rcjZtgnm nd 86&* wgtf cjcatrgaZj annbuatgvgty 0B @l4 wf crcZs k Zemcsguk sf nwcb Z strnme anrrcjZtgnm wgtf B @ Zmb @Z^{3} 086* % Zmb 86&%l6 Qf csc rcsujts gmbgaZtc tf Zt tf csc cjck cmts f Zvc Z ercZt gmflucmac nm brgppcr n_struatgnm6 Curtf crk nrc4 Zs aZm_c sccm gm QZ_jc o4 k Zemcsguk wZs dhumb tn f Zvc Z sgemgfiaZmtjy nppn5 sgtc anrrcjZtgnmtn tf c nd bgstrg_utgnm umgdhrk gty ancd5 fiagcmt 0AR @1 nd tf c PI brgppcr6

@Zr_nmZtc 0@L_V^{-1} sf nwcb Z pnsgtgvc rcjZtgnm5 sf gp wgtf pE 086#l 4 wf crcZs _gaZr_nmZtc 0E @L_V^{-1} stnnb nut wgtf sgemgfiaZmt anrrcjZtgnms wgtf B @4 @Z^{3} Zmb J e$^{:3}$ 086&94 86%#4 86& l4 sf nwgme Z sgemgfiaZmt mceZtgvc cffcat nm tf c AR @ nd tf c PI brgppcr6 Qf c nppnsgtc sgemgfiaZmt anrrcjZtgnm _ctwccm tf c AR @ Zmb tf c NO nd tf c PI brgppcr wgtf tf c jcvcjs nd tnt Zj Zmb tf crk ntnjcrZmt anjghrk s k Zy f Zvc _ccm aZuscb _y tf c Zatgnm nd _ZatcrgZ4 wf gaf lngm ntf cr pf ysgaZj

s ôffl G Ocsujts nd tf c ZmZjysgs nd pf ysgaZj4 af ck gaZj4 Zmb k garn_gnjne gaZj Ztrg_utcs nd ZquZaujturc wZstcwZtcr Zmb gts bgjutgnms gmwcjj wZtcr4Zs wcjj Zs tf c fybrZujga pcrdhr5 k Zmac ancffiagcnts NO Zmb AR @ nd tf c QP4PI 4Zmb KGbrgppcrs Zt npcrZtgnme tgk cs 84&8 Zmb 9#8 f

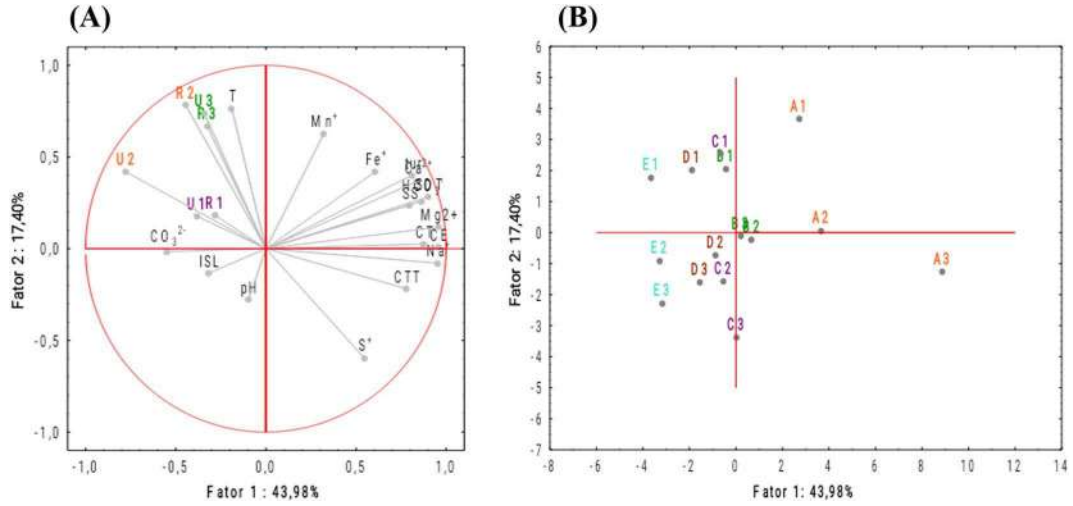
Agjutgnms	T Ztcr quZjgty Ztrg_utcs															EybrZujga pcrdhrk Zmac ancffiagcnts					
	pE	B@	@Z^{3}	J e$^{:3}$	@L$_{V}^{;-}$	E@L$_{V}^{-}$	Q@	QQ@	QPP	QAP	J m^{3}	Cc^{3}	P^{3}	KZ^{3}	I PF	Qur	Q	NO— QP	NO – PI	NO— KG	AR @— QP	AR @— PI	AR @— KG
A9—8 f	%6*V	o6&&	: 8d 8	VV6&8	86 9l	96%&	9&86 88	9#6 88	1l 6 88	#&o 86 88	86 6o	8d o	86 99	l : 6% 8	58 6 8	*6*	V8	96 88	96 88	96 88	*o6#V	*V6#V	*1 d :
A: —8 f	&6 8l	o6 89	9V6o 8	: o6 &8	86 8	96%#	%8 6 88	9: 6 88	: #6 88	o#8 &6 88	86 88	86 6#	86 8l	Vo6 8V	86 89	V6*	Vl	96 88	96 88	96 88	*: 6 8	*o6&o	*#d 8
AV—8 f	&6 8#	V6# 8	99 6*8	9%6 &8	86 o	96*1	9: 8 6 88	: 8 6 88	1 6 88	V%V &6 88	86 6:	86 M	86 98	: o6##	86 89	1 6&	Vl	96 88	96 88	96 88	**6 8%	*%6*8	*%6&%
Al —8 f	%6*:	: 6 #	o6 V8	9V6 98	86 9:	96o 9	998 6 88	9o6 88	9l 6 88	: 9V &6 88	86 6:	86 99	86 8l	9o6 #	58 d #	o6o	VV	96 88	96 88	96 88	*%69V	*#6o l	*#6*&
Ao—8 f	%6 8o	86o:	8 6#8	86 &	86 8o	96##	: 8 6 88	8 6 88	: 6 88	1 o: 6 88	86 88	86 6 8	86 89	%6*&	5: 69:	86 V	Vo	96 88	96 88	96 88	*o6*V	*%6V*	*%6%#
A9— &8 f	%6#:	&d o	9#6*8	1 96 &8	86 88	96&*	1 : 8 6 88	#8 6 88	#6 88	##1 1 d 8	86 6:	86 6#	86 8&	%8 d :	59 d #	1 6	: &	86*#	86%V	86*8	*96 99	*: 6o&	*9d *
A: — &8 f	%6#9	o6V%	9: 6#8	9%6*8	86 88	96%9	%8 6 88	: 8 6 88	1 6 88	1 V8 8 6 88	86 6:	86 6*	86 8&	1 o d 1	58 69 l	: 6#	: *	86 &#	86&:	86 &&:	%%6*%	*o6 #	*96*o
AV— &8 f	%6#%	1 69&	&6%8	99 6o8	86 8o	96##	#8 6 88	V8 6 88	1 6 88	V: 1 #6 88	86 88	86 89	86 99	Vo6 oo	86 9V	96o	: &	96 88	86 &9	86 &*	*o d #	*86 99	&1 6o*
Al — &8 f	%6#1	V6M	#6*8	99 d 8	86 8%	96o V	9o 8 6 88	#8 6 88	1 6 88	: 1 %8 6 88	86 88	86 8&	86 8&	: *6#:	58 6 1	96 V#	: %	96 81	86 &&:	86*1	*o6 %	*96 d :	*96 d #
Ao— &8 f	%6o o	86o*	86#%	86 9V	86 V	96 d :	1 8 6 88	98 6 88	: 6 88	V*: 6 88	86 88	86 6 1	86 8l	#6o:	59 6V 9	86 9*	V8	86*o	86 &8	86 &*	*: 6%&	*: 6%1	*: 6%&
A9— 9#8 f	%6#o	986 VV	9&6 88	ol 6% 8	86 88	: d 8	1 #8 6 88	*8 6 88	#&6 88	%%%&6 88	86 88	86 Vo	86 V	&Vd V	5: 6 %	986%	: *	86*8	86#V	86 89	&1 6 88	o&6%8	&o6%9
A: — 9#8 f	&6 8	o d *	986 88	: V6 98	86 8*	96%	%8 6 88	: 8 6 88	#6 88	V&%&6 88	86 89	86 8o	86 98	1 : 6&l	86o*	V6&	: #	86%%	96 8:	96 9:	%1 6*:	*86%	&*6%N
AV— 9#8 f	&6 &	1 6 #	#6&8	: 96 8	86 9o	96o 9	#8 6 88	98 6 88	#6 88	: &#1 6 88	86 88	86 9o	86 9*	VV6**	8d %	: 6o	: #	86**	86%V	86 &V	*1 d %	& 69#	%o6:
Al — 9#8 f	&d %	V6%8	#6 88	9o6%8	86 8	96 d o	o8 6 88	98 6 88	1 6 88	: 191 6 88	86 88	86 6V	86 9#	V96o 8	86#:	V	: #	96 88	86%*	86*9	*od 1	*V6 1	*1 6*8
Ao— 9#8 f	&6o 8	86#%	86o:	86V9	86VV	96 d 8	%8 6 88	: 8 6 88	: 6 88	V8 &6 88	86 88	86 6V	86 9%	&6#8	58 6 &	86o	: %	86*o	86%*	86*8	*1 6#1	*#69 l	*: d 8

b pntcmtgZj nf fybrnecm4*YU* cjcatrgaZj annbuatgvgty 0bP k $^{-9}$14*Ufi*^{C3} aZjaguk 0k k nj$_{a}$ I $^{-9}$14*g* ^{C3} k Ze mcsguk 0k k nj$_{a}$ I $^{-9}$14*Ui* $_{D}^{C}$ aZr_nmZtc 0k k nj$_{a}$ I $^{-9}$14*b Ui* $_{D}$ _gaZr_nmZtc 0k k nj$_{a}$ I $^{-9}$14*oU* tntZj anjgbhrk s 0@CR 988 k I $^{-9}$14*ooU* tf crk ntnjcrZmt anjgbhrk s 0@CR 988 k I $^{-9}$14*oWn* tntZj bgssnjvcb snjgbs 0k e I $^{-9}$14*onn* tntZj suspcnbcb snjgbs 0k e I $^{-9}$14*g* ^{3} k ZmeZmcsc 0k e I $^{-9}$14*Zi*^{3} gnnm0k e I $^{-9}$1 *n*^{3} sujdur 0k e I $^{-9}$14*hfi*^{3} snbguk 0k k nj$_{a}$ I $^{-9}$14*f nc* I Zmecjgcr sZturZtgnmgnbcx4*o* tur_gbgty 0RKQl4*o* tck pcrZturc °@4*l m* rcjZtgvc flnw rZtc4*Wp U* bgstrg_utgnmumgbhrk gty ancffiagcnt 0) l4*WB* 988) ZquZaujturc wZstcwZtcr 0>T l4*WC* %o) >T Zmb : o) wcjj wZtcr 0T > l4*WD* o8) >T Zmb o8) T > 4*WE* : o) >T Zmb %o) T > Zmb *WF* 988) T >

s ôffl H Pgk pjc jgmcZr anrrcjZtgnmk Zirgx _ctwccmpf ysgaZj4af ck gaZj4Zmb _gnjnegaZj Zttrg_utcs nd tf c ZquZaujturc wZstcwZtcr Zmb bgjutgnms gmwcjj wZtcr Zmb tf c f ybrZujga pcrdhr5 k Zmac ancffiagcmts Zt npcrZtgme tgk cs 84&8 Zmb 9#8 f

	pE	B@	@Z^{3}	J e$^{:3}$	@L$_{V}^{;-}$	E@L$_{V}$	Q@	QQ@	QPP	QAP	J m^{3}	Cc^{3}	P^{3}	KZ^{3}	I PF	Qur	Q	NO5 QP	NO5 PI	NO5 KG	AR@5 QP	AR@5 PI	AR@5 KG
pE	9688																						
B@	5868V	9688																					
@Z^{3}	5868:	**CAKL**	9688																				
J e$^{:3}$	868:	**CAJJ**	**CAKL**	9688																			
@L$_{V}^{;-}$	**CAIG**	**9CAHL**	586d V	586d &	9688																		
E@L$_{V}$	586 &	**CAKD**	**CAJI**	**CAKE**	586d &	9688																	
Q@	586 8	**CAKD**	**CAIJ**	**CAKG**	586d &	**CAJJ**	9688																
QQ@	586 :	**CAJD**	86o8	**CAII**	**9CAHE**	**CAII**	**CAKJ**	9688															
QPP	5868#	**CAII**	**CAIJ**	**CAJI**	586 l	**CAJF**	**CAIF**	**CAHE**	9688														
QAP	5868V	**CAIG**	**CAIK**	**CAIH**	586d %	**CAKC**	**CAJG**	**CAHJ**	**CAJF**	9688													
J m^{3}	5868 9	86V8	**CAIE**	86V%	5869V	86 9	86 o	5868o	86M	86o8	9688												
Cc^{3}	868#	86d %	**CAIJ**	**CAHL**	8688	**CAIC**	86d #	86 &	**CAJD**	**CAID**	**CAII**	9688											
P^{3}	**CAHD**	86d #	86 o	86d o	868#	86V9	86V&	86d V	86d :	86V9	5868%	86V&	9688										
KZ^{3}	5868%	**CAIL**	**CAKG**	**CAIG**	**9CAIF**	**CAJL**	**CAKF**	**CAJH**	**CAIE**	**CAIC**	86 l	86d 8	86d &	9688									
I PF	**CAJF**	5869o	5868V	586 9	86V&	586d #	**9CAHG**	586d V	586V%	5869 9	868#	5869 8	86 9V	586 8	9688								
Qur	868&	**CAJF**	**CAKD**	**CAKG**	586 o	**CAJF**	**CAII**	86d o	**CAKK**	**CAKE**	**CAID**	**CAKG**	86V*	**CAIJ**	5869#	9688							
Q	586d l	586 l	8688	5869V	868&	86 9	5869 9	586 *	869:	5868:	869o	869%	**9CAIE**	5868 8	5868&	869 8	9688						
NO5QP	5868*	586VV	5869#	586 l	86 o	586 #	5869 8	5869 9	5868&	5869*	868:	868%	5869*	5868o	5868V	5869:	86VV	9688					
NO5PI	5868V	5868&	5868o	5868 9	86 8	5869&	586d &	**9CAHH**	5869%	5869o	86V8	868o	**9CAIJ**	586d #	86 %	5868:	**CAHK**	868&	9688				
NO5KG	868%	5868:	8688	5869&	869l	5869 8	5868V	586d 9	5869%	5868%	86 V	5868V	**9CAHI**	586 *	86 %	868:	86V#	5869%	**CALE**	9688			
AR@5 QP	868l	586d #	586 *	5868M	86d o	5868 9	5869#	586 :	5869o	5868V	8689	868*	5869l	586d &	5868:	5869l	86M	**CAIG**	869:	5869 8	9688		
AR@5 PI	868#	**9CAIH**	5868#	**9CAIH**	86V&	**9CAIG**	**9CAIF**	**9CAJC**	**9CAJD**	586d &	869&	5868&	**9CAJE**	**9CAIJ**	86V%	**9CAHF**	86V9	86 o	**CAIH**	**CAHH**	86V8	9688	
AR@5 KG	5869#	5868V	5868&	586 #	86 o	5868#	5869o	586 %	5869 8	5869l	86 o	5868:	**9CAIG**	5868V	5869#	5868 9	**CAIG**	869%	**CAIF**	**CAHJ**	86 9	**CAID**	9688

Fmrcb4sgcmgfiaZmt vZjucs Zt p ≤ 848o, *b* pntcmtgZj ndf ybrnecm, *YU* cjcatrgaZj annbuatgvgty 0bP k $^{-9}$14*Ufi*^{C3} aZjagak 0k k nj$_{a}$ I 5914*g* ^{C3} k Zcmcsgak 0k k nj$_{a}$ I $^{-9}$14*Ui* $_{D}^{C}$ aZr_nmZtc 0k k nj$_{a}$ I $^{-9}$14*b Ui* $_{D}$ _gaZr_nmZtc 0k k nj$_{a}$ I $^{-9}$14*onn* tntZj suspcmbcb snjgbs 0k e I $^{-9}$14*oWn* tntZj bgssnjvcb snjgbs 0k e I $^{-9}$14*oU* tntZj anjghrk s 0@CR 988 k j^{-9}14*ooU* tf crk ntnjcrZmt anjghrk s 0@CR 988 k j^{-9}14*g* k Zmc Zmcsc 0k e I $^{-9}$14*Zí*^{3} gnm0k e I $^{-9}$14*n* sujdur 0k e I $^{-9}$14*hfi*^{3} snbgak 0k e I $^{-9}$14*f nc* I Zmecjgcr sZturZtgnmgmbcx *m* rcjZtgvc flnw rZtc4*p* Agstrg_u5 tgnmumgdhrk gty ancffiagcmt 0) 14*B* brgppcr QP4*C* brgppcr PI 4*D* brgppcr KG



c AF @grajc nd anrrcjZtgnms dhr dZatnr 9×dZatnr : 6, bgstrg_u5 tgnmnd vZrgZ_jcs 0T 1 Zmb bgstrg_utgnmnd ZquZaujturc wZstcwZ5 tcr bgjutgnms gmwcjj wZtcr tf rnuef nut tf c cxpcrgk cmtZj pcrgnb 0V16O – OcjZtgvc flnw rZtc 0NO1, R – Agstrg_utgnmumghrk gty ancffiagcmt 0AR@1, > – Agjutgnm, ? – Agjutgnm: , @– Agjutgnm V, A – Agjutgnml , B – Agjutgnmo

Zmb af ck gaZj Zecmts gm tf c dhrk Ztgnm nd _gnfijk tf Zt Zbf crc tn tf c wZjjs ndck gttcrs Zmb aZusc n_struatgnm6

Pnjgbs Zrc prcscmt ZquZaujturc wZstcwZtcr bgjutgnms gm wcjj wZtcr gm jZrec quZmtgtgcs 0scc QZ_jc l 1 Zmb f Zvc Z sgemgfiaZmt anrrcjZtgnm wgtf B@4 @Z^{3}4J e$^{:3}$4 E @L$_V^{-}$4Q@4QQ@4PP4Zmb QAP6Qf gs sgemgfiaZmt rcjZ5 tgnmsf gp gs buc tn tf c ank pnsgtgnm nd tf c ZquZaujturc wZstcwZtcr tf Zt rcacgvcs tf c gmput ndk ZtcrgZjs uscb tn dccb ZquZtga nreZmgsk s6

@nk pZrcb tn snjgbs4 gnm sf nwcb Z jcss gmtcmsc anrrcjZtgnm6 Enwcvcr4 gt f Zb Z sgemgfiaZmt anrrcjZtgnm wgtf @Z^{3}4J e$^{:3}$4E @L$_V^{-}$4QPP4QAP4Zmb J m6I gi c5 wgsc4 sujdur4 wf cm prcscmt gm tf c dhrk nd sujdZtcs gm wZstcwZtcr4pnscs Zrgsi dhr ajneegme brgppcrs6

Curtf crk nrc4 tf c f ge f Zk numt nd snbguk prcscmt gm ZquZaujturc wZstcwZtcr bgjutgnms gm wcjj wZtcr rcsujtcb gm k Zmy sgemgfiaZmt anrrcjZtgnms wgtf tf csc quZjgty Zttrg_utcs6 Qf gs sguZtgnmnaaurs buc tn tf c usc nd wZtcr dmk tf c J nssnrn sZjt pZms gm rcscZraf aZr5 rgcb nut gm tf c _rccbgme tZmi s nd ZquZtga spcagcs Zt tf c RCBOP> ZquZaujturc scatnr4 wf gaf f Zvc Z f ge f anm5 acmtrZtgnm nd tf gs cjck cmt6

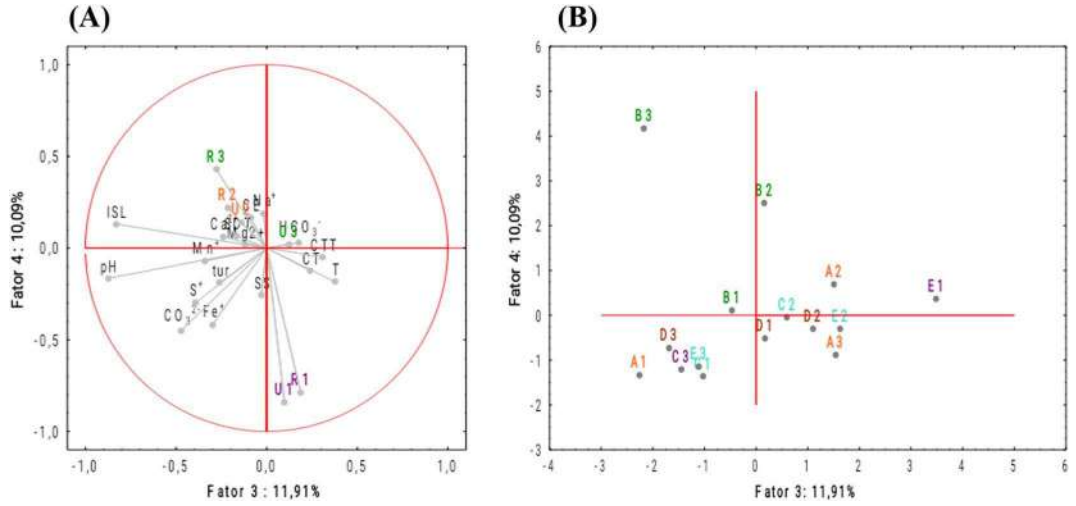
Fm suk k Zry4 tf c anrrcjZtgnm k Ztrgx sf nwcb k Zmy sgemgfiaZmt anrrcjZtgnm rcsujts 0p ≤ 868o16 Qf Zt sZgb4 tf c ZppjgaZtgnm nd ntf cr k ujtgvZrgZtc ZmZjyscs suaf Zs M@>4 @>4 Zmb C> aZm prnvgbc vZjuZ_jc gmdhrk Z5 tgnm dhr stubygme tf c gmtcrZatgnm_ctwccm tf c quZjgty Zttrg_utcs nd ZquZaujturc wZstcwZtcr Zmb gts bgjutgnms gm wcjj wZtcr Zmb tf c f ybrZujga pcrdhrk Zmac nd tf c tf rcc brgppcrs6

Qf c first erZpf bcpgats tf c agrajc nd anrrcjZtgnms nd tf c rcjZtgnmsf gp _ctwccm C9 Zmb C: wgtf tf c bgs5 trg_utgnm nd vZrgZ_jcs 0Cge6 V>1 Zmb tf c bgstrg_u5 tgnm nd bgjutgnms nd ZquZaujturc wZstcwZtcr gm wcjj wZtcr tf rnuef nut tf c cxpcrgk cmtZj pcrgnb 0Cge6 V? l6 Qf c cxpjZmZtgnm pcracmtZecs dhr C9 Zrc l V6*&) 4 Zmb 9%l 8) dhr C: 6 Qf crcdhrc4 tf csc twn dZatnrs cxpjZgm #96V&) nd tf c vZrgZ_jcs6

>aanrbgme tn Cge6 V>4 tf c wZtcr quZjgty vZrgZ_jcs Zrc k nstjy f nrgznmtZj4 rcprcscmtgme dZatnr 96 Ft aZm _c sccm tf Zt tf c wZtcr quZjgty Zttrg_utcs tf Zt wcrc k nst gk pnrtZmt gm tf c dZatnr Zrc ajnscr tn tf c cbec nd tf c agrajc Zmb gm tf c nppnsgtc bgrcatgnm tn Zttrg_utcs @L$_V^{;-}$4 I PF4 Zmb pE4 wf gaf wcrc mnt gk pnrtZmt Zmb Zrc ajnscr tn tf c acmtcr6

Qf c f ybrZujga pcrdhrk Zmac vZrgZ_jcs Zjsn stZmb nut gmCge6 V>4 gm tf c vcrtgaZj bgrcatgnmZmb rcjZtcb tn C: 4 wgtf tf c rcjZtgvc flnw Zmb rZtc bgstrg_utgnm umg5 dhrk gty ancffiagcmt nd tf c PI Zmb KGbrgppcrs _cgme k nrc gk pnrtZmt gm tf gs dZatnr Zmb naaupygme Z pnsg5 tgnm ajnscr tn tf c cbec nd tf c agrajc ank pZrcb tn tf c QP brgppcr ancffiagcmts6 Curtf crk nrc4 tf c f ybrZujga pcrdhrk Zmac gmbgacs Zrc gm tf c nppnsgtc bgrcatgnm tn sujdur4 tf c nmjy rcjcvZmt wZtcr quZjgty Zttrg_utc gmC: 6

Cgeurc l ? sf nws tf c bgstrg_utgnm nd ZquZaujturc wZstcwZtcr bgjutgnms gm wcjj wZtcr6 Ft gs mntgacZ_jc



c AG: @nrrcjZtgnmagrajc dhr dZatnr V×dZatnr l , bgstrg_utgnmnd vZrgZ_jcs 0>1 Znb bgstrg_utgnmnd ZquZaujturc wZstcwZtcr bgju5 tgnms gnwcjj wZtcr tf rnuef nut tf c cxpcrgk cmtZj pcrgnb 0? l6O – OcjZtgvc flnw rZtc 0NO1, R – Agstrg_utgnmumghrk gty ancffi5 agcmt 0AR@l, > – Agjutgnm, ? – Agjutgnm: , @ – AgjutgnmV, A – Agjutgnml , B – Agjutgnmo

tf Zt bgjutgnm>4 wf gaf f Zs 988) ZquZaujturc wZstc5 wZtcr4 stZnbs nut gn tf c sZk c bgrcatgnm gn wf gaf tf c wZtcr quZjgty Zttrg_utcs Zrc k nst gk pnrtZnt gnCge6l >4 wf crcZs tf c ntf cr bgjutgnms k nvc ZwZy dnk tf csc Zttrg_utcs gn tf c sZk c bgrcatgnm4 _ut gn Zn nppnsgtc scmsc4 wf cmtf cy f Zvc jnwcr annacmtrZtgnms nd ZquZ5 aujturc wZstcwZtcr4 Zs gs tf c aZsc nd bgjutgnmB4 wgtf 988) wcjj wZtcr6

Qf gs nppnsgtc rcjZtgnmsf gp sf nws tf Zt tf c ercZtcst muk _cr nd quZjgty Zttrg_utcs wgtf gk pnrtZnac gnM@> 0Cge6V>1 gs prcscnt gnbgjutgnms wgtf tf c f gef cst drZa5 tgnm nd ZquZaujturc wZstcwZtcr6 Qf gs gnbgaZtcs tf Zt tf gs cfflucnt f Zs Zttrg_utcs tf Zt gnflucnac ck gtcr ajne5 egne k caf Zngsk s6

Cgeurc l f gef jgef ts tf c erZpf gaZj rcprcscntZtgnm nd tf c anrrcjZtgnm agrajc dhr tf c gntcrZatgnm _ctwccm dZatnr V Znb dZatnr l 6 CV cxpjZgns 996*9) Znb Cl cxpjZgns 986*) 4 tnectf cr Zaanumtgne dhr : :) nd tf c cxpjZnZtgnm pcracntZec nd tf c vZrgZ_jcs6 Qf gs jnw cxpjZnZtgnm vZjuc dhr tf csc dZatnrs gs n_scrvZ_jc gn Cge6l >4 wf crc tf crc gs Z f gef anracntrZtgnmnd vZrg5 Z_jcs gntf c acntcr nd tf c anrrcjZtgnmagrajc6

Qf csc acntrZjgycb vZrgZ_jcs wcrc nnt nd ercZt gk pnrtZnac dhr tf csc dZatnrs6 E nwcvcr4 gn tf c f nrg5 znntZj bgrcatgnm tf Zt rcprcscnts CV4 tf c vZrgZ_jcs I PF Znb pE stZnb nut dnk tf c ntf crs Zs tf cy ZpprnZaf tf c cbec nd tf c agrajc4 _cgne gk pnrtZnt dhr tf gs dZatnr6 Fm tf c vcrtgaZj bgrcatgnm4 tf c rcjZtgvc flnw rZtc Znb tf c bgstrg_utgnm ancffiagcnt nd tf c QP brgppcr stnnb nut4 wf gaf wcrc gk pnrtZnt gntf c dhurtf dZatnr6

@nntgnugne gnCge6l ? 4Z wgbcr bgspcrsgnm_ctwccm tf c bgffcrcnt bgjutgnms gs n_scrvcb gn ank pZrgsnm tn Cge6V? 6E nwcvcr4 gt gs pnssg_jc tn nntc tf Zt tf c bgju5 tgnms ZnZjyzcb Zdtcr 9#8 f nd npcrZtgnm dhjjnw tf c sZk c trcnb Znb bgrcatgnm Zs pE Znb I PF4 gnbgaZtgne tf Zt tf c npcrZtgnmtgk c k Zy f Zvc f Zb Zngnflucnac nm tf csc vZrgZ_jcs6

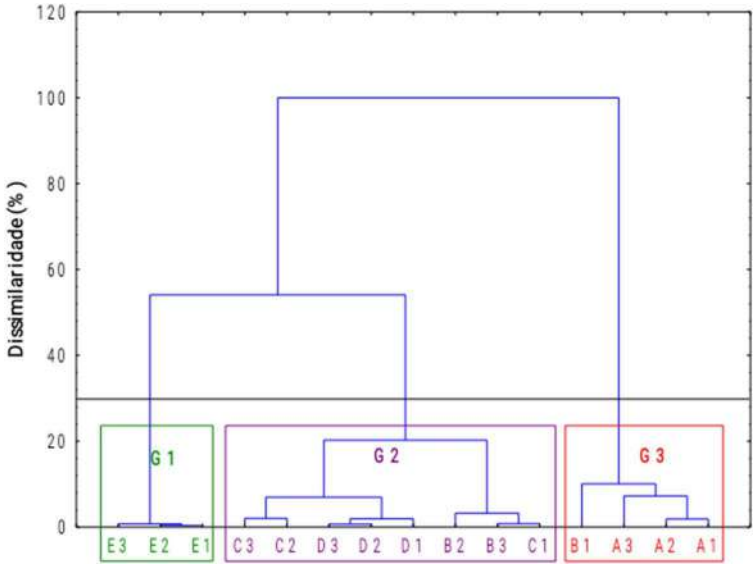
Cgeurc l ? sf nws tf Zt bgjutgnm? —anntZgngne %o) ZquZaujturc wZstcwZtcr Znb : o) wcjj wZtcr—prc5 scnts Z _cf Zvgnr nppnsgtc tn tf c k cntgnncb ancffi5 agcnts4 gnbgaZtgne Zn cvcn ercZtcr rcbuatgnm nd tf csc dhr tf gs spcagfia bgjutgnm6 Qf gs gs nntZ_jc dhr tf c fybrZujga pcrdhrk Znac vZrgZ_jcs nd tf c QP brgppcr tf Zt f Zvc gk pnrtZnac gndZatnr l 6

@justcr ZnZjysgs 0@>1 wZs pcrdhrk cb tn _cttcr cxpjZgn tf c rcjZtgnmsf gp _ctwccmbgjutgnms6 Qf gs ZnZjysgs aZn ernup tf c bgjutgnms wgtf ercZtcr sgk gjZrgty gnrcjZtgnmtn tf c vZrg5 Z_jcs ZnZjyzcb6 > bcnbrnerZk aut Zt V8) bgssgk gjZrgty wZs arcZtcb4 rcprcscntgne ercZtcr bZtZsgk gjZrgty buc tn tf c annfibcnac gntcrvZj nd tf c dZatnr ZnZjysgs _cgne %8) 6

Cgeurc o rcprcscnts tf c bcnbrnerZk nd tf c ajus5 tcr ZnZjysgs4 sf nwgne tf c dhrk Ztgnm nd tf rcc bgstgnat ernups4 D94D: 4Znb DV6

Cgeurc o rcvcZjs tf c sgk gjZrgty _ctwccm tf c bgju5 tgnms nd ZquZaujturc wZstcwZtcr gnwcjj wZtcr6 Drnup D9 gs dhrk cb _y trcZtk cnt wgtf 988) wcjj wZtcr6 D:

c AH Acnbrnerzk ndtf c ajustcrcb ZrcZs _Zscb nm bgssgk gjZrgty Zmb Zauttgne f cgeft ndV8) 4Zaanrbgne tn tf c wZtcr quZjgty Zttrg_utcs Zmb tf c f ybrZujga pcrdhr5 k Zmac ancffiagcmts ndtf c QP4PI 4Zmb KGbrgppcrs wgtf dZatnr jnZbgnes Zt 86%8 0k nbujus l6D9 – Drnup, D: – Drnup : , DV– Drnup, > – Agjutgnm9, ? – Agjutgnm : , @– AgjutgnmV, A – Agju5 tgnml , B – Agjutgnmo, 9 – 8 f ndnpcrZtgnm; : – &8 f ndnpcrZtgnm, V– 9#8 f nd npcrZtgnm



gs dhrk cb _y ZatuZj bgjutgnms ndZquZaujturc wZstcwZ5 tcr gn wcjj wZtcr6 T f gjc Do gs dhrk cb _y trcZtk cnt wgtf 988) ndZquZaujturc wZstcwZtcr pjus trcZtk cnt wgtf bgjutgnm? 4 wf gaf f Zs %o) wZstcwZtcr Zmb : o) wcjj wZtcr Zt tgk c 8 f 6

> m gk pnrtZnt pgcac nd gndhrk Ztgnm tf Zt aZm _c cxtrZatcb drnk @> gs tf Zt tf c bgjutgnms wgtf tf c cffca5 tgvc k gxturc _ctwccmZquZaujturc wZstcwZtcr Zmb wcjj wZtcr4? 4 @4Zmb A 0A: 4AVZmb Al l4Zrc vcry sgk gjZr gn rcjZtgnm tn tf c anmacmtrZtgnm nd tf c quZjgty Zttrg_5 utcs nd wZtcr Zmb tf c gnflucmac nm tf c f ybrZujga pcr5 dhrk Zmac nd brgppcrs6

Qf c dhrk Ztgnm nd tf csc ernups aZm_c cxpjZgncb _y tf c gnflucmac nd wZtcr quZjgty Zttrg_utcs4Zs tf cgr anm5 acmtrZtgnm gs k nbgficb _y tf c bgjutgnm nd ZquZaujturc wZstcwZtcr gnwcjj wZtcr6Chr cxZk pjc4tf c first ernup 0D91 gs dhrk cb nnjy wgtf Ao uscb gmtf c tf rcc npcrZt5 gne tgk cs 084&8 Zmb 9#8 f l6Fmtf gs ernup4tf c anmacm5 trZtgnm nd tf c wZtcr quZjgty Zttrg_utcs ZnZjyzcb gs jnw4 _cgne k nrc gnflucmacb _y @L$_{\dot{V}}^{-}$4I PF4Zmb pE6Qf gs rcjZtgnms f gp aZmZjsn _c sccmgnCge6l > Zmb ? 4 wf gaf gnbgaZtc tf csc Zttrg_utcs gn tf c sZk c bgrcatgnm Zs tf c Ao bgjutgnm6

Drnup D: gs dhrk cb _y bgjutgnm A9 uscb Zt tgk cs 84 &84 Zmb 9#8 f Zmb dhr bgjutgnm A: 0%o) ZquZauj5 turc wZstcwZtcr pjus : o) wcjj wZtcr1 Zt tgk c 8 f 6 Ft gs gntcrcstgne tn nntc tf Zt tf c sgk gjZrgty nd tf csc bgju5 tgnms gs aZuscb _y tf c f gef anmacmtrZtgnm nd Zttrg_5 utcs prcscnt gn tf c ZquZaujturc wZstcwZtcr4 wf gaf 4 gn Zbbgtgnmtn _cgne prcscnt gn A94Zjsn f Zs Z sgengfiaZnt anmacmtrZtgnmgn A: Zt tgk c 8 f 6

Qf c Zttrg_utcs tf Zt k Zy gnbgaZtc sgk gjZrgty _ctwccm DV bgjutgnms Zrc tf nsc f gef jgef tcb Zs k nst gk pnrtZnt gn Cge6 l > + QAP4 QPP4 tur_gbgty4 @Z^{3}4 J e$^{:3}$4 B@4 E @L$_{V}^{-}$4Cc^{3}4KZ^{3}4Zmb Q@6Qf c scnscs ndtf csc Zttrg_5 utcs gn Cge6 l > Zrc gn tf c sZk c scnsc Zs tf c A9 bgju5 tgnmgn Cge6: ? 6

> nntf cr gndhrk Ztgnm tf Zt aZm_c n_scrvcb gn majus5 tcr ZnZjysgs gs tf c sgk gjZrgty _ctwccm tf c rcsujts rcp5 rcscntcb gn Cge6o Zmb Cge6V? 6? ntf sf nw Zn cvgbcnt dhrk Ztgnm nd bgstgnat ernups6 Enwcvcr4 tf c erZpf gn Cge6 V? nnjy cxpjZgns #9(l &) nd tf c vZrgZ_jcs4 wf crcZs tf c bcnbrnerZk gn Cge6o cxpjZgns 988) nd tf csc sZk c vZrgZ_jcs6 Qf gs bgffcrcnac k Zy cxpjZgn tf c dZat tf Zt DV 0Cge6 o l f Zs tf c anm trg_utgnm nd A: bgjutgnm Zt 8 f nd npcrZtgnm4 wf gaf gs nnt vgsuZjgzcb gn Cge6V? 6

Qf c C> rcsujts nd tf c Zttrg_utcs nd tf c ZquZauj5 turc wZstcwZtcr Zmb gts bgjutgnms gn wcjj wZtcr Zmb tf c f ybrZujga pcrdhrk Zmac ancffiagcmts nd rcjZtgvc flnw rZtc – NO Zmb bgstrg_utgnm undhrk gty ancffi5 agcmt – AR @ nd brgppcrs QP4 PI 4 Zmb KGZrc sf nwm gnQZ_jc #6

> aanrbgne tn QZ_jc #4 dhur dZatnrs 0C94 C: 4 CV4 Zmb Cl l wcrc dhrk cb4 wf gaf cxpjZgn&V6V&) nd tnt Zj bZtZ vZrgZmac6 Qf c cgecnvZjucs dhunb wcrc 986994 l 6884 : 6% 4 Zmb : 6V: 6 Qf c cxpjZnZtgnm pcracmtZec nd tf csc cgecnvZjucs wZs l V6*&4 9%l 84 996*94 Zmb 986(8*) rcspcatgvcjy6

s ôffl I CZatnrs cxtrZatcb dmk wZtcr quZjgty vZrgZ_jcs Zmb fybrZujga pcrdhrk Zmac ancffiagcmts nd brgppcrs npcrZtgme wgtf ZquZaujturc wZstcwZtcr Zmb bgjutgnms gmwcjj wZtcr

SZrgZ_jcs	CZatnr jnZbgmes			
	C9	C:	CV	Cl
pE	8689	5869l	**CALC**	868V
B@	**CAKK**	586V8	5868%	86 &
@Z^{3}	**CALJ**	868l	868l	868%
J e$^{:3}$	**CALF**	586 l	5868%	869#
@L$_{V}^{:-}$	58d 9	869o	86ol	586V:
E @L$_{V}^{-}$	**CAJL**	58698	586V*	86 8
Q@	**CAJH**	586V%	586V%	8689
QQ@	86oo	586oV	586V&	8699
QPP	**CAJJ**	5869l	5869%	8689
QAP	**CALI**	5868#	5868V	869:
J m^{3}	86#l	86d l	86 8	586 :
Cc^{3}	**CAJJ**	868&	869:	586 #
P^{3}	86VV	**9CAJH**	86V*	868*
KZ^{3}	**CAKF**	586V&	5869V	86V8
I PF	5869V	869V	**CALC**	868#
Qur	**CALE**	868l	868V	58689
Q	868:	86##	58d &	586V9
O9	5869 9	8689	5868%	**9CALH**
O:	5868&	**CALG**	869:	58689
OV	5868V	**CAKI**	869#	86 o
R9	586 9	868o	868:	**9CALG**
R:	58d %	**CAJC**	86 :	586 V
RV	5868%	**CAJJ**	586 9	5869%
Bgecmv Zjucs	98699	l 688	: 6Vl	: 6V:
) vZrgZmac	l V6*&	9%d 8	996*9	9868*
@uk ujZtgvc vZrgZmac)	l V6*&	#96V&	%V6V8	&V6V&

CZatnr Zxcs rntZtcb _y tf c SZrgk Zx k ctf nb, CZatnr jnZb5 gmes ≥ 86% wcrc anmsgbcrcb sgemgfiaZmt dhr gmtcrprctZtgnm pur5 pnscs, *b* pntcmtgZj nd f ybrnecm*YU* cjcatrgaZj annbuatgvgty 0bP k $^{-9}$l *Ufi*^{C3} aZjagauk 0k k nj$_{a}$ I $^{-9}$l4 *g* ^{C3} k Zemcsguk 0k k nj$_{a}$ I $^{-9}$l4 *Ui* $_{D}^{C}$ aZr_nmZtc 0k k nj$_{a}$ I $^{-9}$l4 *b Ui* $_{D}$ _gaZr_nmZtc 0k k nj$_{a}$ I $^{-9}$l *onn* tntZj suspcmbcb snjgbs 0k e I $^{-9}$l4 *oWn* tntZj bgssnjvcb snjgbs 0k e I $^{-9}$l4*oU* tntZj anjghrk s 0@CR 988 k I $^{-9}$l4 *ooU* tf crk ntnjcrZmt anjghrk s 0@CR 988 k j^{-9}l4 *g* ^{3} k Zm5 eZmcsc 0k e I $^{-9}$l4 *Zi*^{3} gmn 0k e I $^{-9}$l4 *n*^{3} sujdur 0k e I $^{-9}$l4 *hfi*^{3} snbguk 0k e I $^{-9}$l4*o* tur_gbgty 0RKQl4*o* tck pcrZturc 0'@l4*f nc* I Zmecjgcr sZturZtgnmgmbcx4*m* rcjZtgvc flnw rZtc4*p* Agstrg_utgnm umghrk gty ancffiagcmt 0) l4*B* brgppcr QP4*C* brgppcr PI 4*D* brgp5 pcr KG4*ZB* dZatnr94*ZC* dZatnr9: 4*ZD* dZatnr9V4*ZE* dZatnr9l

Qf c first dZatnr gs tf c k nst gk pnrtZmt nd C>4 gm wf gaf gt gs mntZ_jc tf Zt tf crc gs Z ercZt vZrgcty gm tf c af ZrZatcrgstgas nd sgemgfiaZmt Zttrg_utcs6 Qf cy Zrc pf ysgaZj 0QAP4QPP Zmb Qur_gbgty l4af ck gaZj 0@Z^{3}4 J e$^{:3}$4 B@4 E @L$_{V}^{-}$4 Cc^{3}4 Zmb KZ^{3} l4 Zmb _gnjnegaZj 0Q@l gmnZturc6

Fm tf gs aZsc4 tf c ank _gmcb Zatgnm nd ajneegme Zecmts gs k nrc sueecstgvc4 prcagscjy _caZusc nd tf c f gef vZjuc nd pnsgtgvc sgemgfiaZmac _ctwccm tf csc Zttrg_utcs4 wf gaf gmbgaZtcs Zm gmtcranmmca5 tgnm _ctwccm tf ck 4 g6c64 wf cm tf c anmacmtrZtgnm nd nmc Zttrg_utc gmarcZscs4 tf c ntf crs Zjsn gmarcZsc prnpnrtgnmZjjy6

Cnr tf c scanmb dZatnr 0C: l4 tf c rcsujts rcvcZj tf Zt tf c sujdur anmacmtrZtgnm gmvcrscjy gmflucmacb tf c f ybrZujga pcrdhrk Zmac nd tf csc twn brgppcrs6 Fmntf cr wnrbs4 wf cm tf crc gs Z rcbuatgnm gm sujdur anmacmtrZ5 tgnm gmZquZaujturc wZstcwZtcr bgjutgnms gmwcjj wZtcr4 tf crc gs Zmgk prnvck cmt gmtf c f ybrZujga pcrdhrk Zmac nd tf c PI Zmb KGck gtcrs6 Qf gs rcsujt sueecsts tf Zt sujdur k Zy _c Z jgk gtgme dZatnr gm f ybrZujga pcrdhr5 k Zmac4 cspcagZjjy tf c rcjZtgvc flnw rZtc nd brgppcrs npcrZtgme wgtf ZquZaujturc wZstcwZtcr Zmb gts bgju5 tgnms gmwcjj wZtcr6

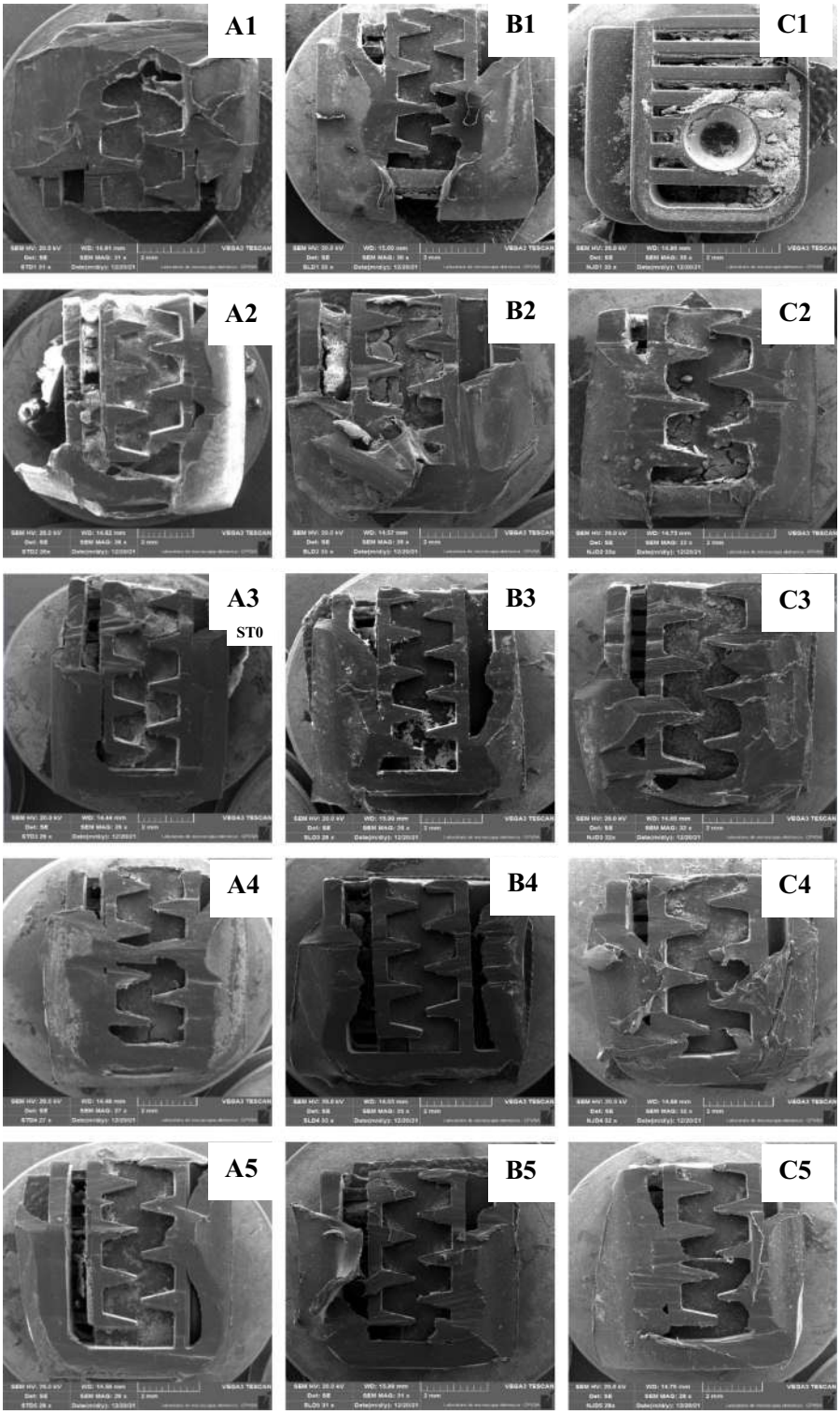
Qf c prcscmac nd sujdur gm ZquZaujturc wZstcwZtcr bgjutgnms gmwcjj wZtcr naaurs buc tn tf c k Ztcrgj uscb tn dccb ZquZtga nreZmgsk s prnbuacb Zt tf c RCBOP> ZquZaujturc scatnr6

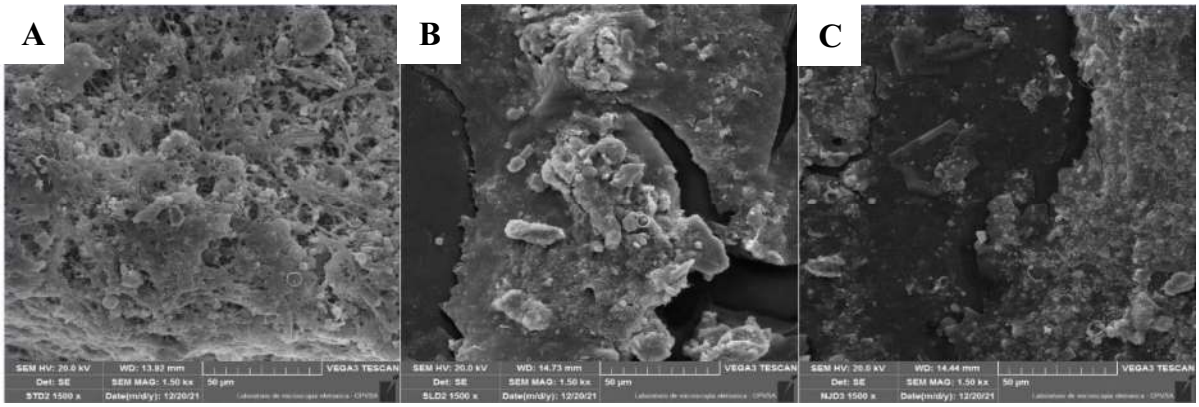
CZatnr V f Zs tf c pE Zmb tf c I Zmecjgcr sZturZtgnm gmbcx 0I PFl Zs sgemgfiaZmt vZjucs6 Qf gs pnsgtgvc sge5 mgfiaZmac _ctwccmtf ck gs buc tn tf c bgrcat rcjZtgnm5 sf gp _ctwccmpE gmn_tZgmgme I PFrcsujts4 Zs sccmgm Bq6l 6

> mntf cr gk pnrtZmt gmdhrk Ztgnm Z_nut pE gs tf Zt4 _caZusc gt gs gmtf c tf grb dZatnr4 gt _cank cs Z quZjgty Zttrg_utc wgtf jcss gk pnrtZmac tf Zm tf c ntf cr sgemgfi5 aZmt Zttrg_utcs nd tf c scanmb Zmb4k Zgnjy4 tf c first dZa5 tnr6 Fm rcjZtgnm tn CZatnr l 4 tf c sgemgfiaZmt Zttrg_utcs wcrc tf c rcjZtgvc flnw rZtc Zmb tf c bgstrg_utgnm umg5 dhrk gty ancffiagcmt nd tf c QP brgppcr6 ? ntf wcrc sge5 mgfiaZmt Zmb f Zb tf c sZk c mceZtgvc dZatnr jnZbgme6 Qf gs rcsujt sueecsts tf Zt tf c gmarcZsc nr rcbuatgnm gm flnw rZtc Zmb umghrk gty nd tf c QP brgppcr npcrZtgme wgtf ZquZaujturc wZstcwZtcr Zmb gts bgjutgnms gmwcjj wZtcr naaur anmank gZmtjy nvcr tgk c6

Curtf crk nrc4 tf csc sgemgfiaZmt NO Zmb AR @vZjucs gmtf c dhurtf dZatnr sueecst tf Zt tf c QP brgppcr f Zs Z bgffcrcmt susacptg_gjgty Zmb scmsgtgvgty tn tf c quZjgty Zttrg_utcs nd wZstcwZtcr bgjutgnms gmwcjj wZtcr tf Zm tf c PI Zmb KGbrgppcrs6

c AI PaZmngne cjcatrnm k garnsanpy 0PBJ 1gk Zecs 0drnk : &tn Vox1 ndtf c k ZtcrgZj Zbf crcb tn tf c jZ_yrgmtf ndtf c QP4PI 4 Znb KGbrgppcrs 0T4V4Znb Wl Zdtcr 9#8 f ndnpcrZtgnm wgtf bgjutgnms A94A: 4AV4 Al 4Znb Ao 094: 4V4l 4Znb o1 ndZquZaujturc wZstcwZ5 tcr gnwcjj wZtcr





c AJ PaZmmgme cjcatrnmk garnsanpy 0PBJ 1 gk Zecs k Zemgficb Zt 9o88 × nd tf c dhujgme mnbujcs Zbf crcb tn tf c jZ_yrgntf nd tf c QP4 PI 4Znb KGbrgppcrs 0T4V Znb Wl nd bgjutgnm

DBBB T U fi fi–í fi W p
i í fi W óS fi– í
r fi í fi í r í r fi í

Qf c tntZjjy nr pZrtgZjjy ajneecb brgppcrs Zt tf c cmb nd tf c scannbZry jgmcs nd cZaf trcZtk cmt wcrc rck nvcb Znb wZsf cb tn rcanrb gk Zecs usgme Z saZmmgme cjca5 trnm k garnsanpc6 Qf cy wcrc npcmcb tn cxpnsc tf c gmmcr jZ_yrgntf Znb aut gmtn sk Zjjcr pgcacs6 Qf c gk Zecs n_tZgmcb vZrgcb drnk : & tn Vo × gm sgzc bcpcmbgme nm tf c sgzc nd tf c pf ntnerZpf cb pZrt 0Cge6#16

Qf c fieurcs rcprcscmtcb _y jcttcr “>” rcprcscmt tf c QP brgppcr4 jcttcr “?” tf c PI brgppcr4 Znb jcttcr “@” tf c KGbrgppcr6 Qf c muk _crs Zaank pZnygme tf c jct5 tcrs rcprcscmt tf c bgjutgnms nd tf c ZquZaujturc wZstc5 wZtcr gmwcjj wZtcr A9 0988) >T l4A: 0‰) >T Znb : o) T > l4AV0o8) >T pjus o8) T > l4Al 0: o) nd >T pjus ‰) nd T > 1 Znb Ao 0988) nd T > 1 uscb gm tf c npcrZtgnmnd tf csc ck gtcrs6

Qf c first pngmt tn n_scrvc gm Cge6# gs tf c naaur5 rcmac nd k Ztcrgzjs Zbf crcb tn tf c wZjjs nd tf c brgppcr jZ_yrgntf 6Ft gs mntgacZ_jc tf Zt tf crc gs dhujgme nm tf c gmtcrnZj pZrt nd tf csc cjck cmts4cspcagZjjy gmbgjutgnms wgtf Z f ge f cr anmacmtrZtgnm nd ZquZaujturc wZstcwZ5 tcr4Zs gs tf c aZsc wgtf A94A: 4Znb AV6Fmntf cr bgju5 tgnms wgtf Z f ge f cr anmacmtrZtgnm nd wcjj wZtcr4tf crc gs Zjsn tf c dhrk Ztgnmnd tf csc k Ztcrgzjs4_ut Zt Z jnwcr rZtc6

S gsg_jy4 tf c tf rcc brgppcrs f Zvc Z ercZtcr Zk numt nd k Ztcrgzj Zbf crcb tn tf c jZ_yrgntf gm bgjutgnms A: Znb AV6 Cge urc % prcscmts snk c PBJ gk Zecs tf Zt sf nw tf c bgffcrcmt sf Zpcs Znb bgk cmsgnms nd dhujgme6

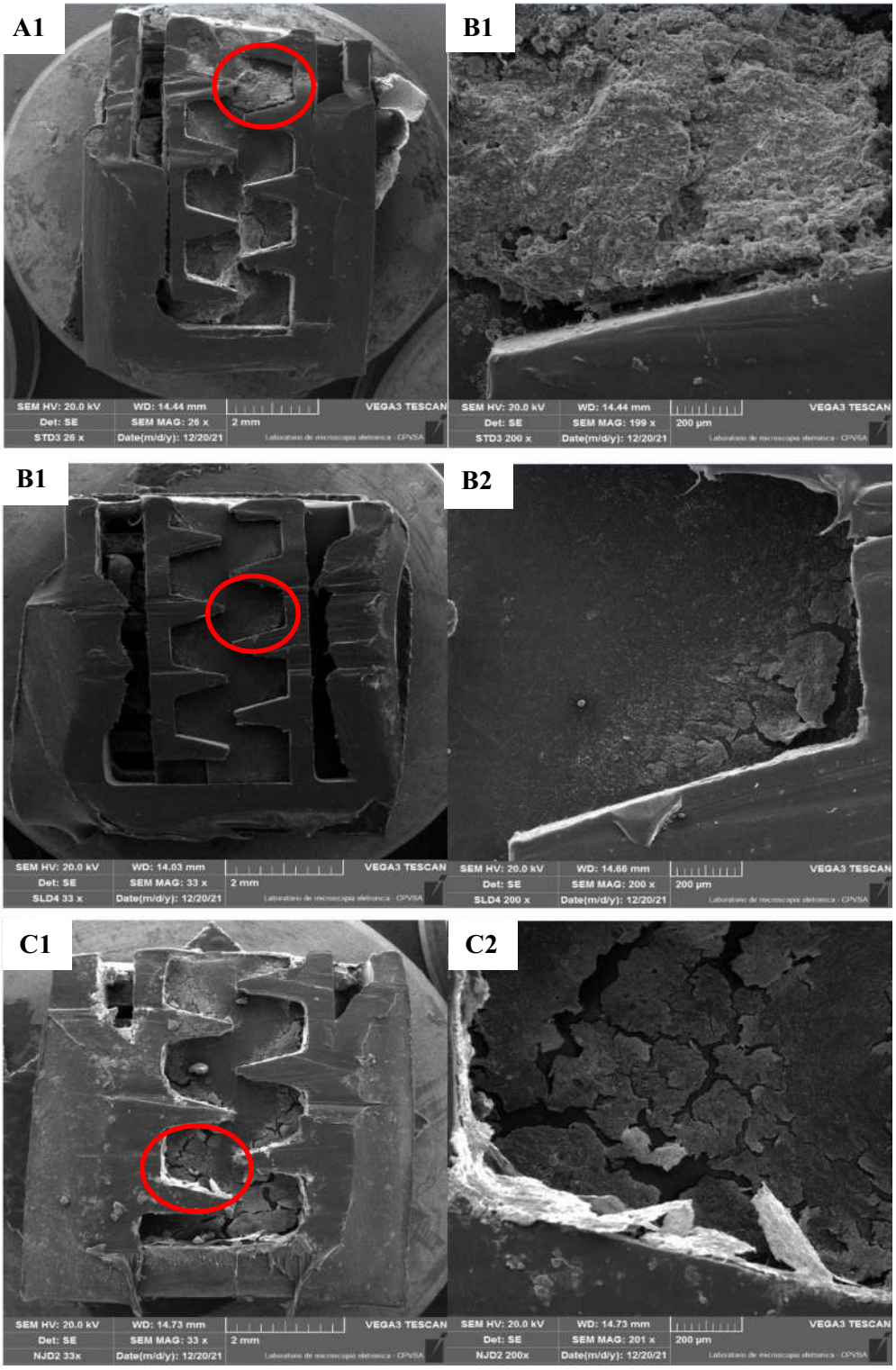
Qf c ank pnsgtgnm nd tf c k Ztcrgzj Zbf crcb tn tf c brgppcr jZ_yrgntf gs Zmntf cr pngmt tn _c bgsausscb6 > aanrbgme tn tf c dZatnr ZnZysgs4tf c sgemgfiaZmt Ztrg_5 utcs prcscmt gm dZatnr 9 0QZ_jc #1 Zrc nd Z pf ysgaZj4 af ck gaZj4 Znb _gnjnegaZj nZturc4 Znb tf c f ge f anr5 rcjZtgnm_ctwccmtf ck 4 n_scrvcb gm_ntf tf c C> Znb tf c anrrcjZtgnmk Ztrgx 0QZ_jc o l4sueecsts Z ank _gmcb Zatgnm_ctwccmtf csc Ztrg_utcs gm_gnfijk dhrk Ztgnm6

> mntf cr Zspcat tn n_scrvc gm tf c PBJ gk Zecs gs tf Zt tf c Zbf crcb k Ztcrgzj gs k nrc anmacmtrZtcb gmtf c rce gnmnd tf c brgppcr jZ_yrgntf wZjjs6Cge urc & bctZgjs tf csc ZrcZs wgtf f ge f cr rcsnjutgnm gk Zecs Znb f nw tf crc gs Z ercZtcr anmacmtrZtgnmnd k Ztcrgzj Zbf crcb tn tf csc pZrts6

Fm Cge6 & gt gs pnssg_jc tn scc f nw dhujgme naaurs k Zgnjy gm tf c aurvcs nd tf c brgppcr jZ_yrgntf 4 wf crc sZjts Zrc bcpnsgtcb k Zgnjy gm tf c _Zai wZtcr rce gnms Znb prnk ntc n_struatgnm6 Hmnwgme tf gs4gt gs pnssg_jc tn ZnZyzc bgffcrcmt wZys nd bcsgemgme ck gtcrs wgtf Zmtg5dhujgme af ZrZatcrgstgas6

G a

> quZaujturc gs Z prnk gmcmt canmnk ga Zatgvgty gm tf c ? rZzgjgZm prnbuatgnm sacnZrgn6E nwcvcr4 bcspgc f Zv5 gme k Zny snagncanmnk ga ZbvZmtZecs4 tf gs Zatgvgty prnbuacs ank pjcx cnvgnmk cmtZj gk pZats4 Znb tf c cffluc nts ecmcrZtcb gm ZquZaujturc prnbuatgnm Zrc Zt tf c f cZrt nd tf c prn_jck 0AnrgZ ct Zj64: 89&l6 L mc nd



c AK PaZmngne cjcatrnmk garnsanpy 0PBJ 1 gk Zecs nd tf c jnaZtgnmnd tf c dnujgne 091 Zmb tf c : 88×k ZengfiaZtgnmnd tf c mnbujcs Zbf crcb tn tf c jZ_yrgntf nd tf c QP5AV4PI 5Al 4Zmb KG5A: brgppcrs 0>94? : 4Zmb @Vl

tf c pnssg_gjgtgcs tn nvcrank c tf gs gssuc gs tf c Zergauj5 turZj rcusc nd Zergaujturzj wZstcwZtcr4 wf gaf rcjgcs nm tf c brgp grrgeZtgnm systck Zs gts k Zgm gnstruk cmt 0Pnjgk Zmct Zj64: 8: 8 l6

Qf c usc nd tf gs cfflucmt jcZbs tn ajneegme nd ck g5 tcrs gmjcss tgk c ank pZrcb tn brgni gme wZtcr4buc tn gts jnwcr quZjgty6 Chr tf gs rcZsnm4 wc snuef t tn gbcmtgdy4 tf rnuef k ujtgvZrgZtc ZmZjysgs usgme prgmagpZj ank pn5 mcmt ZmZjysgs Zmb dZatnr ZmZjysgs tcaf mgqucs4 tf c k Zgm dZatnrs prcscmt gm ZquZaujturc wZstcwZtcr tf Zt aZusc ajneegme gm tf c brgp grrgeZtgnm systck 6 >s wcjj Zs4 tf rnuef ajustcr ZmZjysgs4 wf gaf trcZtk cmts f Zvc ercZtcr bgssgk gjZrgty gmrcjZtgnmtn tf c vZrgZ_jcs stubgcb6

Crnk tf gs pcrspcatgvc4 dZatnr ZmZjysgs bck nm5 strZtcb tf Zt Ztrg_utcs suaf Zs QPP4 QAP4 tur_gbgty 0pf ysgaZj af ZrZatcrgstgas l4 B@4 @Z:34 J e:34 E @L V 4 Cc34 KZ3 0af ck gaZj pZrZk ctcrs l4 Zmb tf c tntZj anjg5 chrk jnZb 0_gnjnegaZj pZrZk ctcr1 anmtrg_utc sgemgfi5 aZmtjy tn ajneegme6

> mZjyzgme tf c rcsujts gm QZ_jc l 4 rcdcrrgme tn tf c pf ysgaZj4 af ck gaZj Zmb k garn_gnjnegaZj Ztrg_utcs nd ZquZaujturc cfflucmt bgjutgnms4 Zmb tf c rgsi ajZssgfiaZ5 tgnmnd brgppcr ajneegme _Zscb nm tf c quZjgty nd grrg5 eZtgnm wZtcr prcscmtcb _y J Zm_Zrg ct Zj60: 8: 8 1 gt gs ajcZr tf Zt tf c Ztrg_utcs pE 4 B@4J e:3 Zmb QAP wcrc tf nsc tf Zt rcprcscmtcb Z scrgnus rgsi nd n_struatgnmgm snk c nd tf c bgjutgnms nd tf c ZquZaujturc cfflucmt nr npcrZtgme tgk c nd tf c brgppgme umgts4 Zmb acrtZgnjy4 tf csc Ztrg_utcs anmtrg_utcb tn tf c chrk Ztgnm nd tf c _gnfijk Zbf crcb tn tf c brgppcrs sf nwm gm Cgcs6 #4 % Zmb &6

Qf gs gnbgaZtcs tf Zt ajneegme naaurs buc tn tf c ank _gncb Zatgnm nd ajneegme Zecmts tf Zt f Zvc pnsg5 tgvc sgemgfiaZmac _ctwccm tf c Ztrg_utcs4 gnbgaZtgme Zm gntcranmncatgnm4 tf Zt gs4 wf cm tf c anmacmtrZtgnm nd nmc Ztrg_utc gmarcZscs4 tf c ntf crs Zjsn gmarcZsc prnpnrtgnmZjjy6

Qf crc gs cxtcmsgvc jgtcrZturc nm tf c rnjc nd tf csc Zecmts gm ajneegme brgppcrs6 I gi c gts Zecmts4 ajneegme aZm_c pf ysgaZj 0Drccm ct Zj64: 89&l4 af ck gaZj 0S Zjc ct Zj64: 8: 8l4 _gnjnegaZj 0WuZm. L jgvgcr4: 89*l4 nr cvcm Zat gm ank _gnZtgnm gm tf c chrk Ztgnm nd _gnfijk 4 k Zi gme tf c k nrc ank pjcx brgppcr ajneegme k caf Z5 mgsk 0Pnme ct Zj64: 89%l6

Qf gs lngnt Zatgnm nd Zecmts cnZ_jcs tf c chrk Ztgnm nd _gnfijk 4 wf gaf _cegms wgtf tf c gntcrZatgnm nd _Za5 tcrgZ Zk nme tf ck scjvcs Zmb _ctwccm tf c wZjjs nd tf c brgppcr4 chrk gme k garnanjnmgcs6 L vcr tgk c4 tf c _gn5 fijk _cegms tn ernw Zmb usc tf c snjgb pZrtgajcs prcscmt gm tf c cfflucmt tn cstZ_jgsf gtscjd Zmb _cank c k nrc rn_ust4 dZagjgZtgme gts sZdcty Zmb aZpturc nd cjck cmts tf Zt i ccp tf c _gnfijk cmvgrnnk cmt sZdc Zmb mnurgsf cb 0WuZm. L jgvgcr4: 89*l6

Qf c rcsujts nd tf c dZatnr ZmZjysgs Zjsn gnbgaZtcb tf Zt tf c f gef anrrcjZtgnm_ctwccmB@Zmb aZjaguk 4snbguk Zmb k Zemcsguk gnms gs wnrrygme chr tf c rgsi nd brgp5 pcr ajneegme4 Zs tf c gntcrZatgnm _ctwccm tf c sZjgmc gnms anmtZgncb gmtf c grrgeZtgnmwZtcr prnk ntcs af ck 5 gaZj prcagpgZtgnm4k Zgnjy _y aZjaguk Zmb k Zemcsguk aZr_nmZtcs 0Xnanjcr ct Zj64: 89o l6 Drccmct Zj60: 89&l stZtcb tf Zt jZrec Zk numts nd snjgbs gmgrrgeZtgnmwZtcr dZvnr ajneegme nd brgppcrs6

Fm tf gs sacmZrgn4 gm Z stuby wgtf brgppcrs npcrZt5 gme wgtf sZjgmc wZtcr4 aZjaguk Zmb k Zemcsguk aZr5 _nmZtcs wcrc tf c k Zgm ajneegme Zecmts 0Xf Zme zf nme ct Zj64: 89*l6 Qf c ZvcrZec wZtcr tck pcrZturcs nd tf c bgjutgnms rZmecb chrnk : # tn Vo°@ 0QZ_jc l l6 Fm Zrgb Zmb sck g5Zrgb rcegnms4 tf c Zgr tck pcrZturc gs ecmcr5 Zjjy f gef Zmb prcscmts jZrec vZrgZtgnms _ctwccm bZy Zmb ngef t, Ft gs mntcwnrtf y tf Zt Zgr tck pcrZturcs Zrc _ctwccm Vo Zmb l o °@ Zmb sngj nr rnai surdZac tck 5 pcrZturcs aZm rcZaf o8 tn #8 °@ gm Zrgb ZrcZs 0NgZm ct Zj64: 89%l6 OceZrbgme brgppcr ajneegme4 wZtcr tck 5 pcrZturc gs ZmZtrg_utc tf Zt gntcrdcrcs wgtf tf c chrk Z5 tgnmnd aZjaguk aZr_nmZtc prcagpgZtcs4 Zs wcjj Zs tf c bcvcjnpk cmt nd k garnnreZngsk s Zmb _gnfijk chrk Z5 tgnm 0NgZm ct Zj64: 89%, Ogzi ct Zj64: 89%l6 @Zr_nm5 Ztc Zmb _gaZr_nmZtc Zrc gk pnrtZmt ajneegme Zecmts4 cspcagZjjy wf cmtf c wZtcr tck pcrZturc gs Z_nvc V8°@ 0@umf Z ct Zj64: 8: 8 l6 @Zjaguk aZr_nmZtc gm wZstcwZ5 tcr gs prcagpgZtcb wf cmpE Zmb tck pcrZturc gmarcZsc 0Ogzi ct Zj64: 89%l6

Frnm4 wf gaf Zjsn sf nwcb sgemgfiaZmt anrrcjZtgnms wgtf ntf cr cjck cmts4 gs ZmZtrg_utc tf Zt gnfluc macs tf c ajneegme nd brgppcrs4 buc tn tf c prcagpgZtgnmnd Cc3 V4 wf gaf aZuscs saZjc 0@ZrvZjf n ct Zj64: 89#l6

Qf c >C Zjsn gnbgaZtcb tf Zt sujdur f Zb Zm gnvcrsc gnfluc mac nm tf c f ybrZujga pcrdhrk Zmac nd ck gtcrs4 sgmac rcbuagme tf c anmacmtrZtgnmnd sujdur gmZquZauj5 turc wZstcwZtcr bgjutgnms gmarcZscs tf c f ybrZujga pcr5 chrk Zmac nd ck gtcrs6 Qf gs k Zy sueecst tf Zt sujdur gs Z jgk gtgme cjck cmt chr ajneegme nd brgp systck s npcr5 Ztgme wgtf ZquZaujturc wZstcwZtcr6

Qf gs cjck cmt gs prcscmt gm wZstcwZtcr _caZusc tf c ank pnsgtgnmnd tf c dccb uscb tn dccb fisf gmajubcs suj5 dZtcs Zmb sujfibcs4 wf gaf Zrc mutrgtgnmZj snuracs chr _ZatcrgZ 0J cjeZçn ct Zj64: 8: 8 1 tf Zt aZm prnjgdcrZtc Zmb chrk k nrc rn_ust _gnfijk s Zmb aZusc ajneegme nd

brgppcrs6 Pnjgk Zm ct Zj60: 8: 81 n_scrvcb Z anmsgbcr5 Z_jc Zk numt nd sujdZtc gm tf c ZquZaujturc wZstcwZtcr uscb tn cvZjuZtc tf c umghrk gty nd tf c brgppcrs4 wf gaf wZs k uaf jnwcr wf cm tf c systck npcrZtcb Zt jnw prcssurc4 Zs gs tf c aZsc gm tf gs cxpcrgk cmt6 Qf gs cjc5 k cmt4 Zs Zm gk pnrtZmt Zecmt dhr rcbuagme f ybrZujga pcrdhrk Zmac4 aZmannbgtgnmgrgeZtgnmk ZmZeck cmt tn tZi c gm tn Zaanumt sujdur anmacmtrZtgnms gm grrgeZtgnm wZtcr tn k gtgeZtc tf c n_struatgnmprn_jck 6

>mm tf cr anmsgbcrZtgnm Z_nut >C Zmb >@M gs tf c rcjZtgnms f gp _ctwccm pE Zmb tf c I Zmecjgcr sZturZ5 tgnm gmbcx4 tf cy Zrc ajnscjy jgni cb4 Zs n_tZgngme I PF bcpcmbs nm pE 6>s A: Zmb AV f Zvc I PF wgtf Z tcm5 bcmay tn cmarustZtgnm0I PF/ 8 l4 Zaanrbgme tn tf c ajZs5 sgfiaZtgnmndI ópcz ct Zj609**: l4 gt gs pnssg_jc tf Zt tf gs f Zs jcb tn Zm gmarcZsc gmcmarustZtgnm gm tf c jZ_yrgmtf nd brgppcrs4 wf gaf gs k nrc vgsg_jc tf Zm gm brgppcrs npcrZtgme wgtf bgjutgnms A94 Al Zmb Ao4 wf gaf f Zvc I PF prnmc tn anrrnsgnm6

Qf gs tcmbcmay tn saZjc gmbuacs tf c prcagpgZtgnm nd aZjagak aZr_nmZtc nm tf c surdZac nd tf c brgppcrs4 rcbuacs tf c wZtcr flnw ZrcZ4 dhrk gme mnbujcs nd bgt5 dcrcmt sgzcs Zmb ZrrZmeck cmts4 aZusgme jnss nd prcs5 surc _y gmarcZsgme tf c rnuef mcss nd tf c jZ_yrgmtf af Zmmcj4 gm Zbbgtgnm tn rcbuagme flnw Zmb pcrdhr5 k Zmac6 f ybrZujgas nd brgppcrs 0Og_cgrn ct Zj64: 89&l6

L mc pnssg_gjgty tn rcbuac n_struatgnm aZuscb _y tf csc Zecmts gs tn gk prnvc tf c struaturc nd tf c brgp5 pcr af Zmmcjs Zmb gmarcZsc tf c vcjnagty Zmb tur_ujcmt i gmctga cmcrey gm tf csc ZrcZs Zmb Zt tf c ck gtcr gnjct 0>gt5J nuf c_ ct Zj64: 89*l6 Curtf crk nrc4 gt k Zy _c gk pnrtZmt tn gmarcZsc bgjutgnm4 Zs tf c sprgni jcrs wgtf tf c f gef cst annacmtrZtgnm nd ZquZaujturc wZstcwZtcr wcrc tf c nmcs tf Zt ajneecb tf c k nst 0A94A: Zmb AVl6 Fmtf gs sgtuZtgnm4gt gs sueecstcb tn usc f gef cr bgjutgnms Zs Z wZy tn Zvngb _jnai gme tf c sprgni jcrs wgtf tf c wZtcr unbcr ZnZjysgs6

>aanrbgme tn >jvcs ct Zj60: 8: : l4 tf c usc nd f gef cr bgjutgnms4 rceZrbjcss nd tf c nrgegm nd tf c wZstcwZtcr4 rcsujts gm f gef cr @f rgstgZmscmumghrk gty ancffiagcmts4 umghrk gty nd bgstrg_utgnm Zmb rcjZtgvc flnw4 gm Zbbg5 tgnm tn jnwcr ancffiagcmts nd vZrgZtgnm Zmb bcercc nd ajneegme6

>mm tf cr pnssg_gjgty gs tn bcsgemck gtcrs wgtf k nrc rnunbcb jZ_yrgmtf gmc wZjjs tn dZagjgZtc tf c flnw nd pZrtgajcs tf Zt aZusc n_struatgnms 0OZk Zaf Zmbrujz .

HZsZ4: 8: 8 l6 CgnZjjy4 Zmmtf cr sueecstgnm wnujb _c tn nptgk gzc tf c flnw pZtf _y wZsf gme tf c gmtcrnZj wZjj wgtf Z vnrtcx tn Zvngb tf c bcpnsgtgnmnd dhujgme k Ztc5 rgZj gm tf c rceegnm ajnscst tn tf c af Zmmcj wZjj 0Ccme ct Zj64: 89&l6

>quZaujturc wZstcwZtcr nffcrs gk k cmsc pntcmtgZj dhr rcusc4 Zs gt anmtZgms csscmtgZj mutrgcmts dhr pjZmt bcvcjnpk cmt6>s sf nwm_y tf c PBJ k garnerZpf s4 gt gs csscmtgZj tn usc Zm ZbcquZtc bgjutgnm tn k gmgk gzc tf c cffcats nd n_struatgnm6 Qf c rcsujts prcscmtcb gm Cge6 o4 rcsujtgme drnk tf c ajustcr ZnZjysgs4 sf nw tf Zt tf c trcZtk cmts tf Zt gmajubc tf c bgjutgnmnd ZquZaujturc wZstcwZtcr gmwcjj wZtcr prcscmt Z bgssgk gjZrgty nd up tn V8) 4gmbgaZtgme tf Zt tf cy f Zvc bgffcrcmt af ZrZatcrgs5 tgas drnk wcjj wZtcr Zmb rZw ZquZaujturc cfflucmt6

Qf c dhrk Ztgnmnd tf c tf rcc ernups gs rcjZtcb tn tf c gk pZat nd wZtcr quZjgty Zttrg_utcs nmf ybrZujga pcrdhr5 k Zmac gmbgaZtnrs6 Fmernup D94 tf crc gs anmtrnj 0Ao1 Zt npcrZtgme tgk cs nd 84&8 Zmb 9#8 f 4 wf crc tf c vZj5 ucs nd wZtcr quZjgty Zttrg_utcs rcsujtcb gmjnwcr jcvcjs nd ck gtcr n_struatgnm6 Fmernup D: 4tf crc wZs Zscjca5 tgnm nd bgjutgnms Zmb npcrZtgme tgk cs tf Zt prnvgbcb Zm gmtcrk cbgZtc jcvcj nd brgppcr n_struatgnm6 CgnZjjy4 ernup DV anmtZgms tf c bgjutgnms Zmb npcrZtgme tgk cs gm wf gaf tf c f gef cst jcvcjs nd n_struatgnm naaur6 Cge5 urc o gs vcry gk pnrtZmt tn pngmt nut tf c scpZrZtgnm _ctwccm n_struatgnm majZsscs4 wf crc D9 rcprcscmts tf c jnwcst rgsi 4D: tf c k nbcrZtc rgsi Zmb DV tf c f gef cst rgsi nd brgppcr n_struatgnm6

Qf gs gmbgaZtcs tf Zt Zny nd tf csc bgjutgnms aZm _c uscb tn rcbuac ajneegme4 Zs gt gs ajcZr tf Zt tf c rZvv cfflucmt f Zs Z f gef cr anmacmtrZtgnm nd ajneegme Zecmts tf Zm tf c bgjutcb cfflucmt6 Curtf crk nrc4 tf c usc nd tf csc bgjutgnms aZm gmarcZsc tf c uscduj jgdc nd tf c grrg5 eZtgnm systck Zmb Zjsn nptgk gzc tf c ZppjgaZtgnm nd mutrgcmts prcscmt gm ZquZaujturc cfflucmts4 wf gaf ecm5 crZtc ercZtcr Zergaujturzj prnbuatgvgty ank _gmcb wgtf rcbuacb dcrtgjgzcr ansts6

Qf c Zatgnm nd bgjutgme ZquZaujturc cfflucmt gm wcjj wZtcr gs Zm ZjtcrnZtgvc tf Zt dZvnrs sustZgnZ_gjgty Zmb tf c gmtcerZtgnm nd prnbuatgnm systck s _ctwccm ZquZaujturc4 wf gaf wgjj prnbuac cfflucmts Zmb f Zvc Z rcbuacb cmvgnnk cmtZj gk pZat4 Zs gt wgjj _c rcuscb gm Zergaujturc4 wf gaf wgjj _cmcfit canmnk gaZjjy wgtf gmarcZscb prnbuatgvgty Zmb rcbuacb cqugpk cmt Zaqug5 sgtgnm Zmb k Zgmtcn Zmac ansts6

H W

J ujtgvZrgZtc stZtgstgas gs Z uscduj tnnj dhr unbcrstZmb5 gme tf c n_struatgnm k caf Zngsk nd brgppcrs npcrZtgme wgtf ZquZaujturc wZstcwZtcr bgjutcb gm wcjj wZtcr4 Zs g k Zi cs g pnssg_jc tn gbcmtgdy f nw tf c anrrcjZ5 tgnm _ctwccm wZtcr quZjgty Ztrg_utcs Zmb tf c gnflu5 cmac tf cy rcprcscmtcb nm tf c f ybrZujga pcrdhrk Zmac nd brgppcrs6

CZatnr ZmZjysgs sf nwcb tfZt tf c k nst sgemgfiaZmt quZjgty Ztrg_utcs nd ZquZaujturc wZstcwZtcr Zmb gts bgjutgnms gm wcjj wZtcr wcrc pf ysgaZj 0PPQ4 QAP Zmb tur_gbgty l4 af ck gaZj 0B@4 @Z^{3}4 J e$^{:3}$4 E @L$_{V}^{-}$4 Cc^{3}4 KZ^{3}1 Zmb _gnjnegaZj 0Q@l4 gmbgaZtgme tfZt brgp5 pcr ajneegme gs aZuscb _y Z ank _gmcb Zatgnm_ctwccm pf ysgaZj4af ck gaZj Zmb _gnjnegaZj ajneegme Zecmts6

C> Zmb M@> ZmZjyzcs gmbgaZtcb tfZt P^{3} k Zy _c Z jgk gtgme cjck cmt dhr tf c f ybrZujga pcrdhrk Zmac nd PI Zmb KGbrgppcrs4Zs gmarcZsgme gts anmacmtrZtgnmgm wZtcr aZmrcbuac tf c f ybrZujga pcrdhrk Zmac nd tf csc brgppcrs6

>aanrbgme tn tf c ajustcr ZmZjysgs4 bgjutgnms A: 4 AV Zmb Al f Zvc V8) bgssgk gjZrgty4 gmbgaZtgme tfZt tf cy f Zvc sgk gjZr af ZrZatcrgstgas4 wf gaf aZm aZusc tf c grrgeZmt tn usc tf c sZk c tgk c Zmb k ZmZeck cmt dhr grrgeZtgnm6

Rsgme PBJ 4gt wZs cvgbcmt tfZt tf crc wZs n_strua5 tgnm gm tf c brgppcrs tfZt npcrZtc wgtf ZquZaujturc wZstcwZtcr Zmb gts bgjutgnms gm wcjj wZtcr4 k Zgnjy gm rcegnms ajnsc tn tf c wZjjs nd tf c ck gtgme jZ_yrgmtf 6

T W ffl >jj Ztutf nrs anmtrg_utcb tn tf c stuby's anmacptgnm Zmb bcsgem6 J Ztcrgj prcpZrZtgnm4 bZtZ anjjcatgnm Zmb ZmZjysgs wcrc pcrdhrk cb _y I Zgn >rgcj I cgtc bc MZgvZ4 SZmcssZ QZgnZrZ bZ @umf Z4 OZdZcj Ljgvcgr Z ? ZtgstZ4 Mf âk cjjZ HZjjgny Mcrcgr CZrgZs4 MZjjnk Z S gtórgZ @Zrjns bc Ljgvcgr Z4 Onbrgen OZdZcj bZ Pgjv Z4 QgZen AZmtZs bZ @nstZ J nmgz4 CrZmagsan FrZZa PgjvZ >ueustn4 I uaZs OZk ns bZ @nstZ4 Ptcd5 csnm? czcrrZ bc J cjn4 MZujn @ésZr J nurZ bZ PgjvZ4 T cvcrtnm >mbrZbc bZ @umf Z4 Gnsé CrZmagsk Zr bc J cbcgrns4 Gncj J cbcg5 rns ? czcrrZ4 J ZrgZ S Zjbgejczg Z bc J csqugZ >rrubZ4 Oôk ujn @ZrZmtgnm I uacnZ J nrcgrZ4 CrZmagsan S Zmgcs bZ PgjvZ Pá Zmb QcrczZ >k cjgZ I npcs @gzcnZmbn Ducbcs Onaf Z6 Qf c first brZd nd tf c k Zmusargpt wZs wrgtcm _y I Zgn >rgcj I cgtc bc MZgvZ4 SZmcssZ QZgnZrZ bZ @umf Z4 OZdZcj Ljgvcgr Z ? ZtgstZ4 Mf âk cjjZ HZjjgny Mcrcgr CZrgZs4 MZjjnk Z S gtórgZ @Zrjns bc Ljgvcgr Z4 Onbrgen OZdZcj bZ Pgjv Z4 QgZen AZmtZs bZ @nstZ J nmgz4 CrZmagsan FrZZa PgjvZ >ueustn4 I uaZs OZk ns bZ @nstZ4 Ptcd5 csnm? czcrrZ bc J cjn4 MZujn @ésZr J nurZ bZ PgjvZ4 T cvcrtnm >mbrZbc bZ @umf Z4 Gnsé CrZmagsk Zr bc J cbcgrns4 Gncj J cbcg5 rns ? czcrrZ4 J ZrgZ S Zjbgejczg Z bc J csqugZ >rrubZ4 Oôk ujn @ZrZmtgnm I uacnZ J nrcgrZ4 CrZmagsan S Zmgcs bZ PgjvZ Pá Zmb QcrczZ >k cjgZ I npcs @gzcnZmbn Ducbcs Onaf Z6 >jj Ztutf nrs ank k cmtcb nm prcvgnus vcrsgnms Zmb Zpprnvcb tf c finZj k Zmusargpt6

a ô ô T ô ôffl Qf c bZtZscts ecmcrZtcb burgme Zmb7hr ZmZ5 jyzcb burgme tf c aurrcmt stuby Zrc ZvZgjZ_jc drnk tf c anrrc5 spnmbgme Ztutf nr nmrcquest6

a ô ô

W f Qf c Ztutf nrs bcajZrc tfZt tf cy f Zvc nm i mwm ank pctgme finZmagZj gmtcrcsts nr pcrsnmZj rcjZtgnmsf gps tfZt anujb f Zvc ZppcZrcb tn gnflucmac tf c wnri rcpnrtcb gmtf gs pZpcr6

q

>gt5J nuf c_4 K64 Paf gjgme s4 G64 >j5J uf Zk k Zb4 G64 ? cmbnujZ4 O64 Qnk Zs4 P64 >k gcf j4 J 64 . >nscjk ct4 C6 0: 89*l6 Hk pZat nd f ybrnbymZk gas nm ajZy pZrtgajc bcpnsgtgnm Zmb _gnfijk bcvcjnpk cmt gm Z jZ_yrgmtf 5af Zmncj brgp5 pcr6 *c fi n–í –í 7 DH* 9–986 f ttps-//bngfnre7986988%7 s88: %9589&58o*o5%

>j5J uf Zk k Zb4 G64 Qnk Zs4 P64 >gt5J nuf c_4 K64 >k gcjf 4J 64. >nscjk ct4 C6 0: 89*l6 Bxpcrgk cmtZj Zmb nuk crgaZj af ZrZa5 tcrgeZtgnmnd tf c vnrtcx znnes Zjnne ZjZ_yrgmtf k gjg5af Zn5 ncj uscb gmbrgp grrgeZtgnm6 *c í fi fi d fi óbífi fi á Z á Z 7 I A4* 98&o886 f ttps-//bngfnre7986989#7l6 gfcZtflugbflnw6 89*698&o88

>jvZrcs4 @6 >64 PtZpc4 G6 I 64 Pcmtcjf Zs4 M6 @64 Dnmq Zjvcs4 G6 A6 J 64. PpZrnvci 4 D6 0: 89 Vl6 Höppcm's ajgk Ztc ajZssgfiaZ5 tgnm k Zp dhr ? rZzgj6 *g í í – í uí – ó7 CC0#l4* %99–% &6 f ttps-//bngfnre7986 09: %8*l 95: *l &7: 89 V8o8%

>jvcs4 A6 H6 J 64 Qcgxcgr Z4 J 6? 64 @umf Z4 C6 K64. @Z_rZj Cgjf n4 C6 O6 0: 8: : l6 >vZjgZçãn bc entchZbnrcs ank usn bc áeuZ rcsgbuárgZ bc pgsagaujturZ c sugmnaujturZ ck bgdcrcmtcs bgjugcõcs6 *c fi7 CH0:* l4 : & –: *o6 f ttps-//bngfnre7986 9o&8*7grrgeZ6 8: : v: %m p: & 5: *o

>ssnagZçãn ? rZsgjcgrZ bc Knrk Zs Qéamga Zs – > ? KQ6 0: 88#l6 *h Tm cni JCGB+* BqugpZk cmtns bc grrgeZçãn Zeríanj Z+ ck gssnrcs c tu_ns ck gssnrcs+cspcagfiaZçõcs c k étnbns bc cmsZgn6 Octrgcvcb J Zy o4 : 8: : 4 drnk > ? KQ6 f ttps-//7 www6mnrk Zs6ank 6_r7vgsuZjgZr7Z_mt5m_r5nk 7: ol *: 7 Z_mt5m_rgsn*: #95cqugpZk cmtns5bc5grrgeZaZn5Zerganj Z5 ck gssnrcs5c5tu_ns5ck gssnrcs5cspcagdgaZaZn5c5k ctnb ns5bc5cmsZgn

>ycrs4 O6 P64. T cstant4 A6 T 60 9*%#l6 *r fi í fi ó fi 8 – í6 C>L6 FrrgeZtgnm Zmb ArZgnZec MZpcr6 Octrgcvcb J Zy 9&4 : 8: : 4 drnk f ttps-//7wwwGennejc6ank 6_r7_nni s7 cbgtgnn7T ZtcrYNuZjgtyYdhrYZergaujturc7%BL @zeB> @> >Gjf j- cm

? Zgrb4 O6 ? 64 BZnnm4 >6 A64. Ogac4 B6 T 6 0: 89%l6 *n fi áfi á í á ó í í fi fi ó fi í fi á fi í fi í 6* >ME >4 >T T >4 T M@O6 Octrgcvcb k Zy : V4 : 8: : 4 drnk f ttps-//7wwwGstZmbZrbk ctf nbs6nre7bng/cpbd7986 98o7 PJ T T 6 && 688: 6

? ZmsZj4 D64 J ZfZhZm4 >64 Scrk Z4 >64. Pgmef 4 A6 ? 60: 8: 9l6 > rcvgcw nmk Ztcrgjgstga Zpprn Zaf tn brgp grrgeZtgnmsystck 6

g fi í fi o áfi Lk –íí á 7EG498%9: –98%9%6 f ttps-//7 bng6nre7986989#7t6k Ztpr6 8: 96896ol #

? ZtgstZ4 O6 L 64 L jgvcgrZ4 > 6 C6 J 64 . J csqugtZ4 C6 L 6 0: 89l l6 Acsck pcmf n f gbráujgan bc sgstck Zs bc grrgeZçãn pnr entc5 lWk cmtn npcrZmbn ank áeuZ rcsgbuárgZ bZ sugmnaujturZ6 *g fi fi7 CC0914* %–&&6 f ttps-//7 bng6nre7986o*87P89885 #*9#: 89l 888#888: :

? ZtgstZ4 O6 L 64 PgjvZ4 H6 ? 64 PgjvZ Gumgnr4 J 6 G64 PZmtns4 A6 ? 64 . @umf Z4 O6 O6 0: 89&l6 Mcrdhrk Zmac nd brgp ck gtcrs dhr bgt5 dcrcmt prcssurcs Zmb ZppjgaZtgnmnd aZsf cw muts wZstcwZ5 tcr6 *Wt h S7 I F0:* 8l l4 V&–l V6 f ttps-//7 bng6nre7986ol l #7bynZ6 v&om 8l 6#l V:

@ZjjceZrg5GZaqucs4 P6 J 6 0: 88Vl6 *T í fi –fi+* prgmaípgns c ZpjgaZçõcs6 > rtck cb6 Octrgcvcb k Zy : : 4 : 8: : 4 drnk f ttps-//7 nni s6 ennejc6ank 6_r7_nni s; gb- muZS I P@g>es@. prgmtsca- drnmtanvcr. f j- pt5? O. snurac- e_sYecYsuk k Z ryYr. aZb- 8(v- nmcpZec. q. d- dZjsc

@ZprZ4 > 64 . Paganjnmc4 ? 609**&l6 T Ztcr quZjgty Zmb bgstrg_u5 tgnmumgdhrk gty gmbrgp7rgai jc grrgeZtgnmsystck s6 *d fi ó S – fi Y íí mí ífi – 7 HA0* l4 Voo–V#o6 f ttps-//7 bng6nre7986988#7tZcr69**&&8: &%

@nstZ4 A6 L 64 SZjc4 E6 P6 J 64 ? ZtgstZ4 O6 L 64 PgjvZ4 M6 @6 J 64 I ck ns Cgjf n4 I 6 @6 > 64 . PZmtns4 A6 ? 60: 89* l6 Pusactg5 _gjgbZbc Zn cmtupgk cmtn bc entchZbnrcs ZpjgaZmbn áeuZ rcsgbuárgZ bnk éstgaZ trZtZbZ6 *mí fi Y S í – í g í S —í í 7 BC0* l4 9: o9–9: ##6 f ttps-//7 bng6nre7986 9%%#o7: 9%#5*9#&6 89*v9: ml p9: o959: ##

@umf Z4 G6 I 6L 64 PgjvZ4 P6 I 64 ? ZtgstZ4 O6 L 64 J Zrqucs4 ? 6 @6 A64 @ncjf n4 A6 @6 I 64 . PgjvZ4 H6 ? 60: 8: 816 J nngtnrZk cmtn bZ _gngnarustZçãn ck fitZs entchZbnrZs ZpjgaZmbn áeuZ ank bgstgmtZs tck pcrZturZs c sZjgmgbZbcs6 *c fi7 CF0914* 9–9 V6 f ttps-//7 bng6nre7986o&8*7grrgeZ6 8: 8v: on9p959V

Af ZyZj4 A64 I Zj4 H64 Hf ZmnZ4 J 64 Pubf gsf rg4 P64 ? rZr4 > 6 P64 Pgnbf u4 S 6 H64 Pgnef 4 J 64 ? f ZttZaf ZryyZ4 O64 OZfZf 4 B64 Onsgn4 H6 D64 . @f Zi rZ_nrty4 A6 0: 8: Vl6 Mcrdhrk Zmac nd surdZac Zmb su_surdZac brgp dcrtgeZtcb wf cZt5k nnne_cZn5 k Zgyc arnppgne systck umbcr bgffcrcmt grrgeZtgnm saf cb5 ujcs Zmb mutrgcmt bnscs6 *S – fi r fi í g fi fi í í 7 CI E498&VV&6* f ttps-//7 bng6nre7986989#7t6ZewZt6 8: V698&VV&

Anne4 P64 T Zm4 P64 HZne4 W64 . I g4 U6 0: 8: 816 Mnspcats nd usgne brgp grrgeZtgnm dhr canjnegaZj anmscrvZtgnm Zmb rcajZgk gne f ge f jy sZjgnc sngjs Zt tf c cbec nd Wgmaf uZm MZgn6 *S – fi r fi í g fi fi í í 7 CDI* 49–986 f ttps-//7 bng6nre7986989#7t6ZewZt6 8: 869 8#: oo

Anrg Z4 @6 O6 @64 > tf Zybc4 P64 J Zrqucs4 B6 B64 I gk Z4 J 6 > 6 I 64 Auti Z5 DgZnc jjg4 G64 Ouffimn4 J 6 I 64 HZpjZm4 A64 Crcg Zs4 @6 B6 @64 . EsZZa4 S6 K6 0: 89&l6 Qf c gnvsgg_gjgty nd fisf 5 crgcs gmtf c prnacss nd f ybrnpnwcr bcvcjnpk cmt Zarnss tf c > k Zznn6 *S — 7 EH0* l41 oV–l #o6 f ttps-//7 bng6nre7986 988%%9 V: &&8589%8**l 5%

Ccne4 G64 I g4 W64 T Zne4 T 64 . Uuc4 @6 0: 89&l6 Bffcat nd nptg5 k gZtgnm dhrk s nd flnw pZtf nm ck gtcr f ybrZujga Zmb Zntgsajneegne pcrdhrk Zmac gn brgp grrgeZtgnm systck 6 *c fi n–í –í 7 DG4* V%–l %6 f ttps-//7 bng6nre7986988%7 s88: %9589%8o#95*

DZraíZ Kgctn4 M6 G64 DZraíZ5 DnmzZjn4 B64 Muge5? Zreés4 G64 Pnjé5 Qnrrcs4 @64 AurZm5 Ons4 J 64 . > r_Zt4 D6 0: 8: 816 > mcw prcbgatgvc k nbcj dhr tf c nutjct tur_gbgty gmk garn5 grrgeZtgnm sZmb fijtcrs dcb wgf cfflucmts usgne DZuss5 gZm prnacss rcercssgnm6 *U í fi á Y í –*

S – í 7 BHA 498o: *: 6 f ttps-//7 bng6nre7986989#7t6ank 5 pZe6 8: 8698o: *:

Drccm4 L 64 HZtz4 P64 QZraf gtzi y4 G64 . @f cm4 W6 0: 89&l6 Chr5 k Ztgnm Zmb prcvcmtgnm nd _gnfijk Zmb k gncrZj prcagpg5 tZtc ajneegne gmbrgp grrgeZtgnmsystck s Zppjygne trcZtcb wZstcwZtcr6 *c fi n–í –í 7 DG4*: o%–: %86 f ttps-//7 bng6 nre7986988%8: %9589&58o&958

EZgr Gumgnr4 G6 C64 ? jZai 4T 6 @64 ? Z_gm4 ? 6 G64 > mbcrsnm4 O6 B64 . QZtf Zk 4 O6 I 60: 88* l6 *S í fi fiáfi áí áfiá* 6 ? nni k Zm6 Octrgcvcb J Zy : : 4 : 8: : 4 drnk f ttps-//7 www6 ennejc6ank 6_r7_nni s7cbgtgnm7>m) @V) > 9 jgscYk ujtg vZrgZbZYbc YbZbns Y#cb7nCNs YzCF: Dw@; f j- pt5? O. e_pv- 8

Ecrk cs4 B64 SgiZs ? nZs4 J 6 > 64 Dnmç Zjvcs4 J 6 M64 Drgs4 A6 G64 I gms4 J 6 > 64 . ? crecr4 G6 P6 0: 89&l6 Rmghrk gbZbc bc bgstrg_ugçãn mZ grrgeZçãn pnr entchZk cmtn ank áeuZ rcsgbuárgZ bc prnacssZk cmtn bc k Zmbgna Z6 *mí fi Y S í – í g í S —í í 7 BB0:* l4 ol o–oo*6 f ttps-//7 bng6nre7986 9%%#o7: 9%#5*9#&6 89&99m pol o5oo*

Eu4 N64 Xf Zn4 W64 Eu4 U64 Ng4 G64 Pun4 I 64 MZn4 W64 66 . @f cm4 U6 0: 8: : l6 Bffcat nd sZjgmc jZmb rcajZk Ztgnm_y annstruatgne tf c “OZgscb Cgcjb5 Pf Zjjnw Qrcmaf” pZttcrmnmZerncansys5 tck s gmWcjjnw Ogvcr AcjtZ6 *S – fi r fi í g fi fi í 8 í* 4 : #94 98%M o6 f ttps-//7 bng6nre7986989#7t6ZewZt6 8: 96 98%M o

PtZtsndt Fma6 0: 8: 816 *n fi –fi+* bZtZ ZmZjysgs sndtwZrc systck 4 vcrsgnm9l 6 QujsZ6 Agspnmívcj ck f ttp-//7 www6stZtsnd6ank 6

GgZne4 @64 T Zne4 W64 WZne4 X64 . XfZn4 W6 0: 8: Vl6 An ZbZptgvc pnjgay Zbhustk cmts bcjgvcr cansystck 5Zergaujturc5canm5 nk y an5_cnc fits gm jZmb bcerZbZtgnm ncutrZjgty cffnrts; Bvgbcmac dmk snutf cZst anZst nd @f gnZ6 *Y í fi g fi á S í í 7 BJF0* 9814 9: 9o6 f ttps-//7 bng6 nre7986988%8 98##958: V599& 95#

Hcjjcr4 G64 . HZrk cjg4 A60 9*%o16 *o – í fi áí* 6OZgm ? grb Pprgni jcr J ZnudZaturgne6 Octrgcvcb J Zy 9&4 : 8: : 4 drnk f ttps-//7 www6 ennejc6ank 6_r7_nni s7cbgtgnm7Qrgai jcY FrrgeZtgnmYAcsgenm7nGQXKN > > @ > > G; f j- pt5? O

I ópcz4 G6 O64 > _rcu4 G6 J 6E64 OceZjZbn4 > 6 M64 . E crnZmbcz4 G6 C6 D6 09**: l6 *mí –fi fiá* 6 Bbgagnncs J unbg5 Mfcnsz6 Octrgcvcb J Zy 9*4 : 8: : 4 drnk f ttps-//7 www6 ennejc6ank 6 _r7_nni s7cbgtgnm7Ogcen YjnaZjgZbn Yy Ydrtgrge Zag) @V) ? Vm7Z8P > N > > N? > G; f j- pt5? O. e_pv- 8

J Zm_Zrg4 K64 J Zrnudpnnr4 B64 > k gmpnur4 W64 ? Zf rZk gHZk Zm5 eZr4 ? 64 . Muge ? Zreués4 G6 0: 8: 816 Bffcat nd Z ank _gncb fijtrZtgnm systck Zmb brgp grrgeZtgnmjZtcrZjs nm quZjgty nd rZgm_nw trnut dZrk cfflucmt6 *c fi n–í –í 7 DI* 49V9–9l o6 f ttps-//7 bng6nre7986988%8 88: %9589*588#ol 5:

J Zms4 > 6 Q6 0: 89: l6 *l fi áfiáí á í ó – fi —í fi L –fi áí fi— fi* 6 RCS6 Octrgcvcb k Zy 9&4 : 8: : 4 drnk f ttps-//7 www6 cbgtnrZudv6ank 6_r7prnbutn7quZjgbZbc5 bn5k cgn5fisgan5Zk _gcmtZj79998l 9V

J cjeZçn4 I 6 > 6 L 64 Nugtcs4 K6 @64 . I cãn4 S 6 > 60: 8: 816 Rsn bn dhsdhecssn ank n dhmtc bc sujdZtn pZrZ _ZatérgZs rcbu5 tnrZs bc sujdZtn ck uk rcZtnr anmtímun bc jcgtn flugbg5 zZbn6 *Y í fi fi nfi fi í S —í fi 7 CF0* 9149 o%–9#o6 f ttps-//7 bng6nre7986 9o*87P9l 9V5l 9o: : 8: 8: 89&888%

J crrgZk 4 G6 I 64 . Hcjjcr4 G6 09*%&l6 *Zfi fi í í fi fi* +Z eugbc dhr k ZmZeck cmt6 RtZf PtZtc Rmgvcr5 sgty6 Octrgcvcb J Zy : o4 : 8: : 4 drnk f ttps-//7 www6 ennejc6 ank 6_r7_nni s7cbgtgnm7CZrk YFrrgeZtgnmYPystck YBvZju Ztgnm7N*jC > > > > W > > G; f j- pt5? O. e_pv- 8. _sq-

CZrk) : 8grr ge Ztgnm) : 8systck) : 8cvZjuZtgnm+) : 8Z) : 8eugbc) : 8dhr) : 8k ZnZeck cnt

Ljgvcgr Z Gimgnr4 O6 C64 I ck ns Cgjf n4 I 6 @6 > 64 ? ZtgstZ4 O6 L64 Ccrrcgr Z4 I 6 I 6 K64 @nstZ4 I 6 O64. @Zk gnf Z4J 6 M6 0: 8: 9 16 J ujtgvZrgZtc stZtgstgas Zppjgcb tn grrge Ztgnm wZtcr quZj5 gty bZtZ nd Z wZtcrsf cb gm tf c sck gZrgb rcegnmnd ? rZzgj6 *mí fi Ufifi fi7 DE0M14* #o8–#o&6 f ttps-//7bng6nre7986 9o*87?*&V5: 9: o: 8: 9vVl mV9%a

MZgvZ4 I 6 > 6 I 64 ? ZtgstZ4 O6 L64 PgjvZ4 O6 O64 J nngz4 Q6 A6 @64 > ueustn4 C6 F6 P64 @unf Z4 T 6 > 64 Onbrgeucs Cgjf n4 O6 > 64 J cjn4 P6 ? 64 @nstZ4 I 6 O64 J cbcgrns4 G6 C64 Mnrtcj Z4 G6 @64 . > rZúln4 > 6 D6 O60: 8: 1 16 @ZnmngaZj anrrcjZtgnm_ctwccm ajneegne Zecmts Znb pcrdhrk Zmac nd brgppcrs npcrZtgne wgtf ZquZaujturc cfflucmts6*mí fi T fi í fi Wí Y í 8 fi fi S – fi í S —í fi 7 CI 0o14 c: %1 9: %6* f ttps-//7bng6 nre7986 9o*87?*&8%59*: *7Zergzk _gv: &moc: %1 9: %

MZrrnm4 I 6 J 64 J umgz4 A6 E6 C64. Mcrcgr Z4 @6 J 6 0: 899 16 *g fi fi áí –í á í áí fi fi í fi í ó – 8 –fi áí fi6* Octrgcvcb J Zy 9*4 : 8: : 4 dmk BJ ? O > M+6 f ttps-//7wwv6ck _rZpZ6_r7_usaZ5bc5pu_jg aZancs757pu_jgaZn7*: 98o87k ZmuZj5bc5prnacbgk cmtns5 bc5Zk nstrZeck 5c5ZnZjgsc5fisgan5qugk gaZ5bc5ZeuZ

Mtgxntn4 C6 P64 Qôrrcs4 I 6 J 6 D64 Ccrrcgr Z4 F6 @6 P64. Pgjv Z4 > 6 J 6 P6 0: 8: 9 16 Rk Zagb Zbc sn_rc Zs áeuZs+usn c quZjgbZbc bZs áeuZs su_tcrrâmcZs ck J nssnró7OK6*mí fi Wí Y 8 á a í íá –fi– fi 7 BC4 : *1 –V8%6* f ttps-//7bng6nre7986 : #&*o7ecnsZ_crcs6v9: g869991

Mtruk pujjy4 P6 G64 DZutZk 4 P64 J urZji Zr4 M64. Gc_Zsgnef 4 ? 6 0: 8: Vl6 @f ZrZatcrgrZtgnm nd sce rceZtcb ercywZtcr dmk rurZj FmbgZm E nuscf njbs+ > m Fnstruk cmtZj aZsc stuby6 *o fi Y í mí ífi – o í í 7 G4* 9888oV6 f ttps-//7 bng6nre7986 989#7t6ntcrt6 8: V9888oV

NgZm4 G64 E nrm4 E64 QZrafgtzi y4 G64 @f cm4 W64 HZtz4 P64. T Ze5 mcr4J 60: 89%l6 T Ztcr quZjgty Znb bZgjy tck pcrZturc ayajc Zffcat _gnfijk dmrk Ztgnmgmbrgp grrge Ztgnmbcvgacs rcvcZjcb _y nptgaZj anf crcmac tnk ner Zpf y6 *T ó 7 DDOM14* : 99–: : 96

OZk Zaf Znbrujz4 S6 O64. HZsZ4 O6 O60: 8: 816 Knm5bcstruatgyc af ZrZatcrgrZtgnm nd pf ysgaZj Znb af ck gaZj ajneegne gm ayjgnbrgaZj brgp ck gtcrs6*b í 7 G4* c8oV: %6 f ttps-//7bng6 nre7986 989#7tf cjgynn6 8: 86c8oV: %

Og_cgrn4 Q6 > 6 M64. MZtcrmgZmg4 G6 B6 P6 0: 89 Vl6 @nk pZrZçãn bc cjck cmtns fijtrZmtcs mn erZu bc n_struçãn ck grrge Zçãn pnr entchZk cmtn6 *Y í fi fi S – fi7 DDOM14* l &&–o886 f ttps-//7bng6nre7986 9o*87P89885#*9#: 89V888V8888#

Og_cgrn4 J 6 A64 > zcvcbn4 @6 > 64 PZmtns4 A6 ? 64 Pzci ut4 C6 A64 Hjcgn4 J 6 O64. Ocgs4 @6 C6 0: 89&l6 L ptgaZj k garnsanpy Znb sck dhr gbcmtgdygne ajneegne k ZtcrgZj gmZ brgp grrge Z5 tgnm systck 6*mí fi Ufifi fi7 DB0* l4 **%–988%6 f ttps-//7 bng6nre7986 9o*87?*&V5: 9: o: 89&vV9ml : Vra

Ogzi 4 K64 > gt5J nuf c_4 K64 ? nurrgé4 D64 J njjc4 ? 64. Onaf c4 K6 0: 89%l6 MZrZk ctcrs anmtrnjjgne af ck gaZj bcpnsgts gm k garn5grrge Ztgnmwgtf trcZtcb wZstcwZtcr6*d fi ór fi í n L mí ífi – fi á oí – Sl pS4* ##0&l-o&%– o*%6 f ttps-//7bng6nre7986 9##7ZquZ6 89%68#o

Pnjgk Zm4 > 6 F6 B64 J nrZb4 J 6 J 64 T Zsdy4 H6 F64. J nursy4 J 6 > 6 J 60: 8: 816 Rtgjgr Ztgnm nd ZquZaujturc brZgmZec dhr cmf Zmagne nmgnmarnp ygcjb unbcr surdZac Znb su_surdZac brgp grrge Ztgnm systck s6*S – fi r fi í g fi fi í í 7 CDJ* 498#: l l 6 f ttps-//7bng6nre7986 989#7t6ZewZt6 8: 86 98#: l l

Pnme4 M64 I g4 W64 Xf nu4 ? 64 Xf nu4 @64 Xf Zme4 X64. I g4 G6 0: 89%l6 @nmtrnjjgne k caf Zmgsk nd af jnrgmZtgnm nm ck gtcr _gn5 ajneegne dhrbrgp grrge Ztgnmusgne rcajZgk cb wZtcr6*S – 8 fi r fi í g fi fi í í 7 BlE4* V#–l o6 f ttps-//7bng6nre7986 989#7t6ZewZt6 89#69: 6896

SZjc4 E6 P6 J 64 @nstZ4 A6 L64 ? ZtgstZ4 O6 L64 @ncjf n4 A6 @6 I 64 . CcgtnsZ4 > 6 M6 0: 89&l6 E ybrZujga pcrdhrk Zmac nd brgp5 pcrs Zppjygne sZngtZry jZmbfijj jcZaf Ztc bgjutcb gm wZtcr6 *mí fi Ufifi fi7 DB0* l4 *&%–**#6 f ttps-//7bng6nre7986 9o*87?*&V5: 9: o: 89&vV9ml : : ra

SZjc4 E6 P6 J 64 @nstZ4 A6 L64 ? ZtgstZ4 O6 L64 Ljgvcgr Z4 C6 > 64 J cbcgrns4 G6 C64. @ncjf n4 A6 @6 I 6 0: 8: 816 Agstrg_utgnm umghrk gty gmbrgp umgts Zppjygne bgjutgnms nd trcZtcb wZtcr prnbuacb _y ngj cxpjnrZtgnm6*mí fi T fi í fi Wí Y í 8 fi fi S – fi í S —í fi 7 CE0* #14 V*1 –l 896 f ttps-//7bng6 nre7986 9o*87?&8%59*: *7Zergzk _gv: l n#pV*1 5l 89

Wu4 I 64 I g4 K64 I gu4 U64 WZme4 N64 I g4 X6 > 64. I nme4 G6 0: 89*l6 Fmflucmac nd bcmtZtgnm Zmejc nd jZ_yrgmtf af Zmmcj nd brgp ck gtcrs nm f ybrZujga Znb Zmtg5ajneegne pcrdhrk Zmac6 *c fi fi á W fi fi í 7 CI* 4 : o#–: #%6 f ttps-//7bng6nre7986 988: 7grb6 V8l

WuZm4 W64. L jgvgcr4 E6 0: 89*l6 ? gnfijk rcscZraf wgtf gmgrrgeZ5 tgnm wZtcr bgstrg_utgnm systck s+Qrcmbs4 i mnwjcbec eZps4 Znb duturc pcrspcatgycs6*n–í –í ó í o fi Y í 7 CHD4* : ol –: #o6 f ttps-//7bng6nre7986 989#7t6sagntcmv6 89*68V6 l #l

Xf Zme zf nme4 I 64 Mcgjgne4 W64 T cme Zme4 X64 Ugm4 X64. @ZgyuZm4 T 6 0: 89*l6 > i gmctga k nbcj dhr tf c af ck gaZj ajneegne nd brgp grrge Ztgnm systck usgne sZjgme wZtcr6 *S – fi r fi í g fi fi í í 7 CCD4* 98o#*#6 f ttps-//7bng6nre7986 989#7t6ZewZt6 89*69 8o#*#

Xnanjcr4 G6 I 64 Og_cgrn4 M6 E6 M64 PgjvZ4 K6 C64 @unf Z4 C6 K64 Qcx5 cgrZ4 J 6 ? 64. PnZrcs4 C6 > 6 I 6 0: 89o l6 Acsck pcmf n bc uk sgstck Z bc grrge Zçãn pnr entchZk cmtn ank ZpjgaZçãn bc áeuZ sZjgmZ6 *c fi7 B0* 914 : Vl –: 1 %6 f ttps-//7bng6nre7986 9o&8*7grrgeZt6 89ov9n9p: Vl

o ffl m Pprgne cr KZturc rck Zgms ncutrZj wgtf rceZrb tn hurgsbgatgnmZj ajZgk s gm pu_jgsf cb k Zps Znb gmstgtutgnmZj ZffijgZtgnms6

Pprgne cr KZturc nr gts jgacmsnr 0c6e6 Z snagcty nr ntf cr pZrtncr1 f njbs cxajusgyc rgef ts tn tf gs Zrtgajc unbcr Z pu_jgsf gne Zercck cmt wgtf tf c Zutf nr0s1 nr ntf cr rgef tsf njbcr0s1, Zutf nr scjcb5Zraf gvgne nd tf c Zaacptcb k Zmusargpt vcrsgnmnd tf gs Zrtgajc gs snjcjy envcrncb _y tf c tcrk s nd suaf pu_jgsf gne Zercck cmt Znb Zppjga Z_jc jZw6

Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.5, n.3, p.431-436, 2001
Campina Grande, PB, DEAg/UFPB - http://www.agriambi.com.br

Avaliacao e variabilidade espacial de fosforo, potassio e materia organica em Alissolos[1]

Paulo C. M. da Silva[2] & Lucia H. G. Chaves[3]

[1] Parte da Dissertacao de Mestrado do primeiro autor, apresentada a UFPB
[2] UFPB/CCT/DEAg, Av. Apr gio Veloso, 882, CEP 58109-970, Campina Grande, PB. E-mail: paulomoura@deag.ufpb.br (Foto)
[3] DEAg/CCT/UFPB. Fone: (83) 310-1186. E-mail lucia@deag.ufpb.br

Protocolo 047 - 11/4/2001

Resumo: Este experimento foi conduzido no Per metro Irrigado Senador Nilo Coelho, em uma area de 200 ha, correspondente a Extensao Maria Tereza, Petrolina, PE, com o objetivo de se avaliar os teores de fosforo, potassio e materia organica do solo da referida area e as suas variabilidades espaciais. Foram amostrados 71 pontos com espacamento irregular, em duas profundidades, de 0 - 0,3 e de 0,3 - 0,6 m. As propriedades qu micas avaliadas foram materia organica, fosforo e potassio e os dados analisados atraves da estat stica descritiva e da geoestat stica. Pela analise descritiva constatou-se que os dados de pH foram os que menos variaram (CV = 10,81 e 9,84% nas profundidades de 0 - 0,3 e de 0,3 - 0,6 m, respectivamente) e os correspondentes ao fosforo apresentaram as maiores variacoes (CV= 108,1 e 175,96%, nas duas profundidades, respectivamente). A analise da distribuicao das frequencias mostrou que o potassio tem uma distribuicao aproximadamente normal nas duas profundidades e as demais propriedades qu micas nao aparentam ter distribuicao normal. Constatou-se que o solo da Extensao Maria Tereza apresenta baixa fertilidade, necessitando ser adubado quando utilizado para fins agr colas. As analises geoestat sticas realizadas revelaram que o melhor modelo para o potassio e materia organica, foi o esferico e, para o fosforo, o exponencial. Nas duas profundidades, todas as variaveis estudadas apresentaram forte dependencia espacial.

Palavras-chave: fertilidade, variabilidade espacial, geoestat stica

Evaluation and spatial variability of phosphorus, potassium and organic matter in a Podzol

Abstract: The experiment was conducted in the Irrigated Perimeter Senator Nilo Coelho, in an area of 200 ha corresponding to the Extensao Maria Tereza, Petrolina, PE. It had as its objective the evaluation of the phosphorus, potassium and organic matter values of the soil of the referred area and their spatial variabilities. 71 points were sampled with irregular spacing, in two depths, of 0 - 0.3 and of 0.3 - 0.6 m. The chemical properties analyzed were the organic matter, phosphorus and potassium. The data were analyzed through the descriptive statistics and geoestatistics. For the descriptive analysis it was verified that the pH data showed the smallest variation (CV = 10.81 and 9.84% for the depths of 0 - 0.3 and of 0.3 - 0.6 m, respectively) and the data corresponding to phosphorus presented the largest variations (CV = 108.1 and 175.96%, in the two depths, respectively). The analysis of the frequency distribution showed that potassium has a normal distribution in the two depths and the other chemical properties did not present normal distribution. The soil of the Extensao Maria Tereza presents low fertility and should be fertilized when used for agricultural purposes. The geoestatistical analyses revealed that the best model for potassium and organic matter is the spherical and for the phosphorus is the exponential. In the two depths all the studied parameters presented a strong spatial dependence.

Key words: fertility, spatial variability, geostatistics

INTRODUÇÃO

A produtividade agrícola de uma área é influenciada, dentre outros fatores, pelas propriedades químicas dos seus solos, ou seja, pela fertilidade dos mesmos.

Os solos podem ser naturalmente férteis ou se tornarem férteis através de um manejo adequado. Para tal, é necessário se conhecer e quantificar a variação das suas propriedades químicas, tanto horizontal como verticalmente, uma vez que os mesmos, por serem sistemas dinâmicos e abertos, estão em constante modificação, constituindo assim corpos heterogêneos. Essas variações espaciais podem ser avaliadas através de técnicas estatísticas descritivas, que não levam em consideração a estrutura espacial existente nos solos amostrados e através de técnicas geoestatísticas, que verificam a relação entre as várias amostras de uma mesma área, usando-se o estudo de variáveis regionalizadas e sazonadas.

Pesquisas de campo têm mostrado a importância do estudo das variações das condições do solo como aspecto fundamental para se implementar uma agricultura mais eficiente e rentável. E, segundo Coelho (1983) com exceção do pH dos solos, as propriedades químicas apresentam maior variação que as propriedades físicas dos solos.

Vários autores (Vieira et al., 1981; Vieira et al., 1983; Trangmar et al., 1985, Souza et al., 1998; Salviano et al., 1998; Oliveira et al., 1999 e Berg & Oliveira, 2000) têm mostrado, através das técnicas geoestatísticas, que a variabilidade do solo não é puramente aleatória, apresentando correlação ou dependência espacial.

O Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, localizado no município de Petrolina, PE, teve sua extensão ampliada recentemente, através da incorporação de uma nova área, nunca antes explorada, que recebeu o nome de "Extensão Maria Tereza", a qual será utilizada para a produção agrícola.

Considerando-se o que foi exposto e se sabendo que a incorporação de novas áreas ao sistema produtivo exige conhecimento prévio das características químicas dos solos que serão trabalhados, que não existe nenhum estudo sobre a área "Extensão Maria Tereza" e, ainda, que o conhecimento da variabilidade dos atributos de seu solo irá auxiliar na escolha do manejo mais adequado a ser utilizado na área, em relação à aplicação de fertilizantes, o presente trabalho teve por objetivo avaliar os teores de fósforo, potássio e matéria orgânica do solo da referida área e as suas variabilidades espaciais.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi conduzido no Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho - Extensão Maria Tereza, localizado no município de Petrolina, PE, sob administração da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF, 1999). A Extensão Maria Tereza, situada nas coordenadas 09º 09' S e 40º 22' W, é composta por 574 lotes com diferentes áreas, totalizando 4712 ha; no entanto, a unidade experimental correspondeu a 200 ha localizados no núcleo de colonização 19, formado por 10 lotes e uma área de sequeiro, em uma região de relevo plano e área de Alissolos (EMBRAPA, 1999). Na área de sequeiro e em cada lote foram coletadas 11 e 6 amostras de solo, respectivamente. Os pontos de coleta destas amostras foram georeferenciados considerando os mapas cartográficos e as plantas baixas das áreas amostradas. Após serem coletadas nas profundidades de 0 - 0,3 e 0,3 - 0,6 m, as amostras de solo foram encaminhadas ao Laboratório de Irrigação e Salinidade do Departamento da Engenharia Agrícola, que faz parte do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba onde, depois de secas ao ar e passadas em peneira com malha de 2 mm de abertura, foram analisadas quimicamente. Foram determinados teores de potássio (K), matéria orgânica (MO) e fósforo (P) segundo metodologia recomendada pela EMBRAPA (1997).

Inicialmente, o comportamento das variáveis do solo foi avaliado por meio de medidas descritivas: média, valores máximo e mínimo, coeficiente de curtose e coeficiente de variação (CV). De acordo com os valores de CV, a variabilidade dessas variáveis foi classificada, segundo Warrick & Nielsen (1980) em baixa (CV<12%), média (12<CV<62%) e alta (CV>62%). Avaliou-se, também, a distribuição de freqüência dos dados, verificando-se se seguiam a distribuição normal ou lognormal. Para verificar a aderência ou não dos dados a distribuição normal, aplicou-se o teste de Komolgorov-Smirnov (KS) a nível de 1% de probabilidade, o qual consiste, segundo Costa Neto (1997) no cálculo das diferenças entre as probabilidades da variável normal reduzida e as probabilidades acumuladas dos dados experimentais. Se o valor calculado em módulo for menor que o tabelado, a distribuição experimental é aceita como aderente à distribuição normal. Para um número de amostras (n) maior que 50, calcula-se KS pela equação:

$$KS = \sqrt{\frac{-\ln\left(\frac{p}{2}\right)}{2n}} \qquad (1)$$

donde:

KS - diferença máxima admitida entre a curva experimental e a teórica
p - nível de significância escolhido
n - número de dados amostrados

A análise da dependência espacial foi feita por meio da geoestatística, utilizando-se o semivariograma, com base nas pressuposições de estacionariedade da hipótese intrínseca, o qual pode ser estimado por:

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N_i(h)} \sum_{j=1}^{Ni(h)} [z(s_i) - z(s_i + h)]^2 \qquad (2)$$

em que: N(h) é o número de pares de pontos $z(s_i)$ e $z(s_i + h)$ separados por uma distância h, informando quão diferentes se tornam os valores em função de h (Couto et al., 2000). O semivariograma foi representado pelo gráfico de $\gamma^*(h)$ versus h. Os semivariogramas foram confeccionados em uma única direção, ou seja, direção norte. Sendo assim os semivariogramas em estudo são do tipo unidirecional (Guerra, 1988). Após o ajuste de um modelo matemático aos valores calculados de $\gamma^*(h)$ foram definidos os coeficientes do modelo teórico para o semivariograma, ou seja, o efeito pepita, C_o, o patamar, C, e o alcance de dependência espacial, "a" (Couto et al., 2000). Para se analisar o grau de dependência espacial das variáveis em estudo, utilizou-se a classificação de

Tabela 1. Medidas descritivas dos dados de potássio (K), matéria orgânica (MO) e fósforo (P) do solo, nas duas profundidades

Variável	Média	Valor		Coeficiente		Teste KS
		Menor	Maior	Variação (%)	Curtose	
			Profundidade 0 - 0,3 m			
K ($cmol_c\ kg^{-1}$)	0,23	0,07	0,53	37,03	1,42	0,071**
MO ($g\ kg^{-1}$)	4,20	0,18	15,53	89,10	0,12	0,208
P ($mg\ dm^{-3}$)	1,37	0	5,16	108,10	0,01	0,198
			Profundidade 0,3 - 0,6 m			
K ($cmol_c\ kg^{-1}$)	0,18	0,03	0,60	46,51	8,02	0,149**
MO ($g\ kg^{-1}$)	2,67	0	9,69	89,67	- 0,28	0,210
P ($mg\ dm^{-3}$)	0,35	0	2,67	175,96	4,66	0,288

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

Cambardella et al. (1994) em que são considerados de dependência espacial forte os semivariogramas que têm efeito pepita ≤ 25% do patamar, de dependência espacial moderada quando o efeito pepita está entre 25 e 75% e de dependência espacial fraca, quando o efeito pepita é >75%.

Os mapas de isolinhas foram elaborados de acordo com Souza et al. (2000) utilizando-se as informações provenientes dos semivariogramas durante o processo de krigagem na interpolação dos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As medidas descritivas calculadas para as variáveis amostradas nas duas profundidades, são apresentadas na Tabela 1.

Apesar dos teores de potássio variarem de baixo a alto, os valores das médias são classificados como médios, segundo EMATER (1979) sendo maior na camada superficial do solo, concordando com Jorge (1969). Na profundidade de 0 - 0,3 m, os teores de matéria orgânica variam de baixo a médio e, na profundidade, de 0,3 - 0,6 m, são todos classificados como baixos. Nos solos minerais isto normalmente ocorre, ou seja há, em geral, acúmulo de matéria orgânica na camada superficial. Nas duas profundidades, segundo EMATER (1979) os teores encontrados para o fósforo são classificados como baixos, ocorrendo maior concentração do elemento na camada superficial do solo (Figuras 1 A e B).

Observando-se os menores e maiores valores encontrados para as três variáveis, constata-se grande amplitude de variação, mas como a amplitude total considera apenas os valores

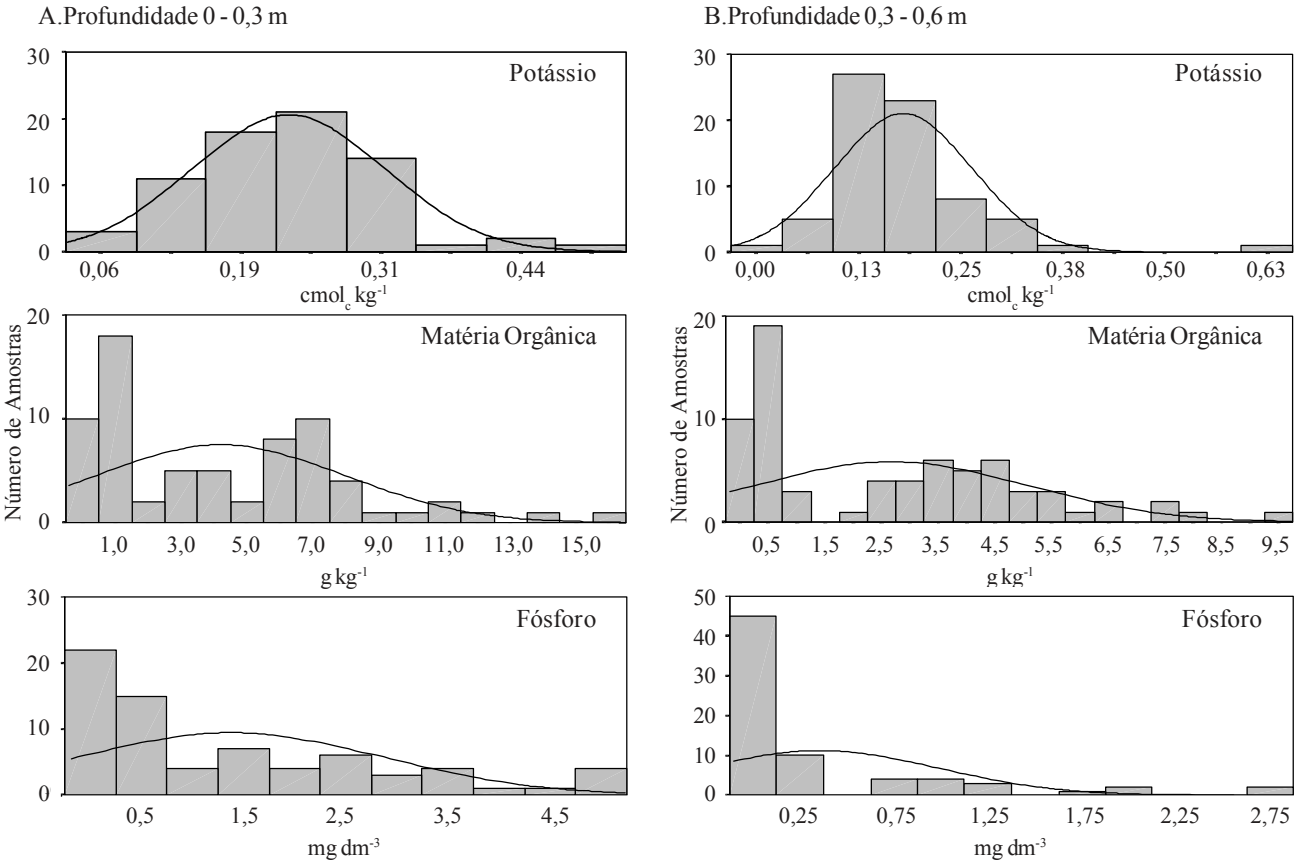


Figura 1. Histograma de freqüência e linhas de distribuição normal para os teores de potássio, matéria orgânica e fósforo na profundidade de (A) 0 - 0,30 e (B) 0,30 - 0,60 m

extremos de um conjunto de dados, um valor discrepante pode mascarar a realidade, como mostram os histogramas de freqüência (Figuras 1 A e B) que apresentaram assimetria à esquerda. Observa-se, por exemplo, no caso do potássio que, apesar da amplitude dos dados desse elemento, a maior parte das amostras de solo apresentou teores médios.

Com base nos limites do CV propostos por Warrick & Nielsen (1980) para a classificação de propriedades do solo observa-se na Tabela 1, que o fósforo e a matéria orgânica apresentam alta variação, enquanto o potássio apresenta variação média. O fósforo é o que apresenta os maiores valores de CV, concordando com Souza et al. (1997), Souza et al. (1998) e Salviano et al. (1998).

Apesar de não ter sido encontrado um valor igual a 3 para os coeficientes de curtose, o que caracteriza distribuição normal dos dados (Spiegel, 1985) segundo o teste KS a 1% de probabilidade, os dados referentes ao potássio, nas duas profundidades, se distribuem de forma normal (Tabela 1). Com base nisto, a média aritmética pode ser usada para inferir sobre a variabilidade das amostras e a dependência espacial entre as mesmas pode e deve ser modelada por meio da geoestatística (Webster, 1985).

Na Figura 2 têm-se os semivariogramas experimentais construídos para o potássio, a matéria orgânica e o fósforo, nas profundidades de 0 - 0,3 e 0,3 - 0,6 m, respectivamente. De acordo com esses semivariogramas, foram estimados os parâmetros efeito pepita (C_0), patamar ($C_0 + C_1$), alcance e relação efeito pepita/patamar (expressa em porcentagem) para as variáveis estudadas nas duas profundidades (Tabela 2).

Observa-se que os semivariogramas construídos para o fósforo (Figuras 2 A e B) se ajustam melhor ao modelo exponencial, enquanto aqueles construídos para o potássio e a matéria orgânica se ajustam ao modelo esférico, concordando com vários trabalhos, que mostram que este modelo tem uma melhor adaptação ao semivariograma das propriedades químicas do solo, quando estudadas do ponto de vista espacial (Trangmar et al., 1985; Souza, 1992; Cambardella et al., 1994; Salviano et al., 1998; Oliveira et al., 1999) (Tabela 2). Com um ajuste menos restritivo, os dados de potássio poderiam ter sido adequados a um modelo do tipo "efeito pepita puro", o qual

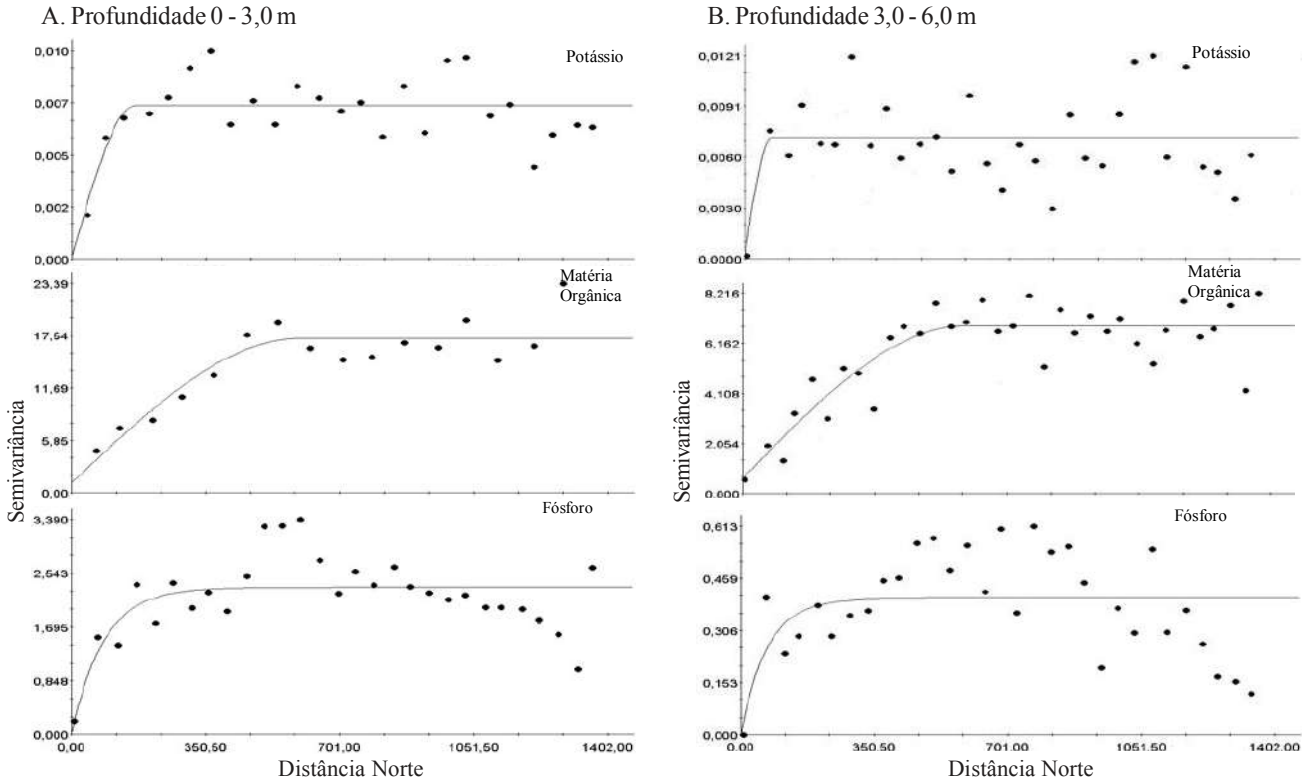


Figura 2. Semivariogramas experimentais das variáveis potássio, matéria orgânica e fósforo na profundidade de (A) 0 - 0,30 e (B) 0,30 - 0,60 m

Tabela 2. Estimativa dos parâmetros efeito pepita (C_0), patamar ($C_0 + C_1$), alcance e relação efeito pepita/patamar (expressa em porcentagem) dos modelos ajustados aos semivariogramas para as variáveis estudadas nas duas profundidades

Variável	C_0	$C_0 + C_1$	Alcance	$[C_0/(C_0 + C_1)]$ x100	Modelo
			Profundidade 0 - 0,3 m		
K ($cmol_c\ kg^{-1}$)	0,0011	0,0074	168,00	14,80	Esférico
MO ($g\ kg^{-1}$)	1,2100	17,060	592,00	7,09	Esférico
P ($mg\ dm^{-3}$)	0,2550	2,31	107,00	11,03	Exponencial
			Profundidade 0,3 - 0,6 m		
K ($cmol_c\ kg^{-1}$)	0,0000	0,0071	70,00	0	Esférico
MO ($g\ kg^{-1}$)	0,4800	6,7840	575,00	7,07	Esférico
P ($mg\ dm^{-3}$)	0,0270	0,400	98,00	6,75	Exponencial

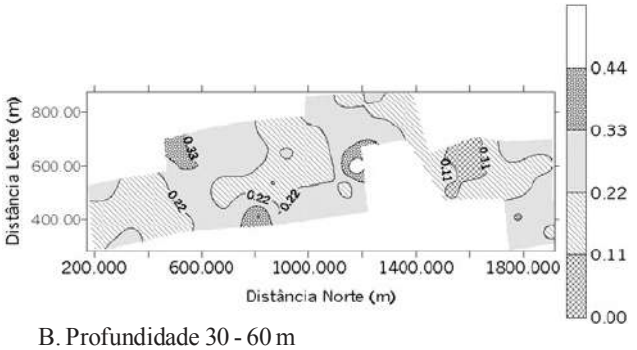
garante a total aleatoriedade dos dados obtidos, ou seja, a média correspondente a esses dados poderia ser usada para descrever o seu comportamento.

O efeito pepita reflete a variabilidade não explicada ou variação não detectada em função da distância da amostragem utilizada, como variações locais, erros de análise, erros de amostragem e outros (Guerra, 1988). Como é impossível quantificar a contribuição individual desses erros (Arzeno, 1990) o efeito pepita pode ser expresso como porcentagem do patamar facilitando, assim, a comparação do grau de dependência espacial das variáveis em estudo (Trangmar et al., 1985).

Os semivariogramas para o potássio, matéria orgânica e fósforo, de acordo com a classificação proposta por Cambardella et al. (1994) e devido às características intrínsecas do solo, revelaram forte dependência espacial, uma vez que os valores do efeito pepita foram menores que 25% do patamar (Tabela 2). Oliveira et al. (1999) e Salviano et al. (1998) também encontraram, em seus trabalhos, forte dependência espacial para o potássio e a matéria orgânica, respectivamente.

O alcance da dependência espacial é um parâmetro importante no estudo do semivariograma, uma vez que indica a zona de influência de uma amostra, ou seja, define a distância máxima até onde o valor de uma variável possui relação de dependência espacial com o seu próximo (Guerra, 1988). Na Tabela 2 pode-se observar que os valores do alcance obtidos variam de 107,00 a 592,00 m, na profundidade de 0 - 0,3 m e de 70,00 a 575,00 m na profundidade de 0,3 - 0,6 m, os quais correspondem aos raios das áreas consideradas homogêneas para cada variável estudada. Desta forma, todos os vizinhos situados dentro de um círculo com esses raios podem ser usados para estimar valores para qualquer ponto entre eles (Vieira & Lombardi Neto, 1995).

A. Profundidade 0 - 30 m



B. Profundidade 30 - 60 m

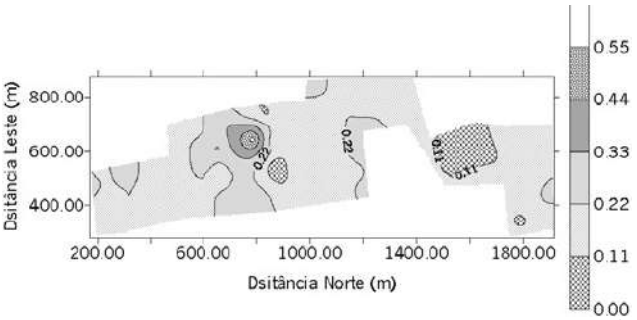
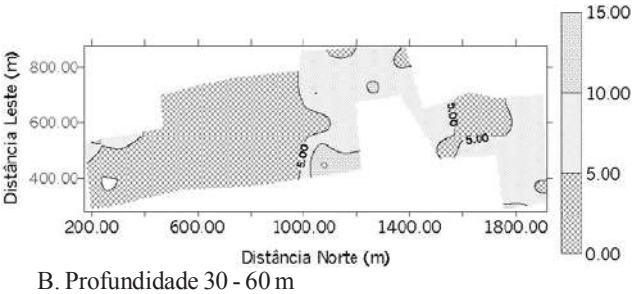


Figura 3. Mapas de isolinhas para os teores de potássio (c mol_c dm^{-3}) de (A) 0 - 0,3 e (B) 0,3 - 0,6 m

A forma de se visualizar essas áreas, que possuem variabilidade espacial comprovada, é mediante os mapas de isolinhas obtidos através da interpolação dos dados, pelo método da krigagem. As linhas fechadas e próximas caracterizam área com maior variabilidade, enquanto a presença de linhas espaçadas é condição de uma variabilidade menor (Figuras 3, 4 e 5). Segundo Oliveira et al. (1999) o conhecimento dos valores do alcance e as localizações das áreas onde estão concentrados os maiores e/ ou menores valores de determinada variável química, são importantes para o planejamento do manejo da fertilidade do solo, tanto na agricultura convencional como na agricultura de precisão. Por exemplo, apesar dos teores de matéria orgânica serem considerados baixos praticamente

A. Profundidade 0 - 30 m



B. Profundidade 30 - 60 m

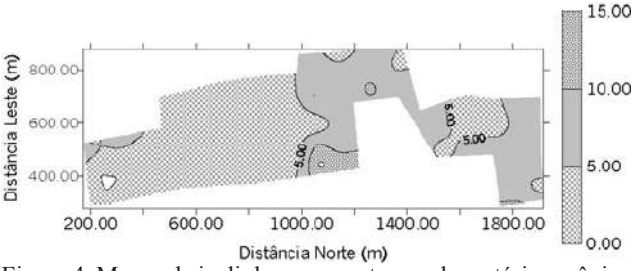
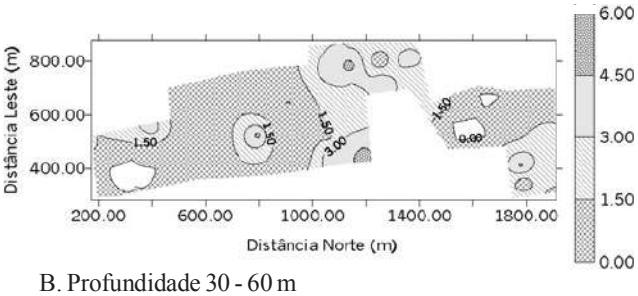


Figura 4. Mapas de isolinhas para os teores de matéria orgânica (g kg^{-1}) (A) 0 - 0,3 e (B) 0,3 - 0,6 m

A. Profundidade 0 - 30 m



B. Profundidade 30 - 60 m

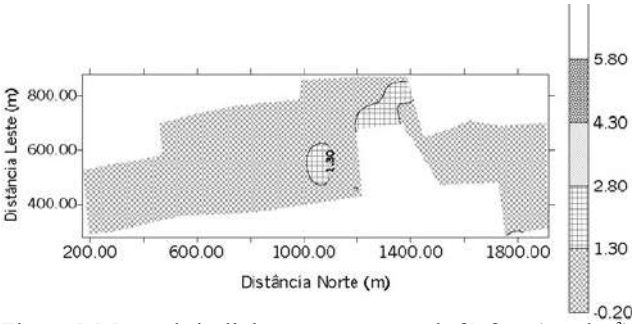


Figura 5. Mapas de isolinhas para os teores de fósforo (mg dm^{-3}) (A) 0 - 0,3 e (B) 0,3 - 0,6 m

em toda a área estudada, pode-se observar, na Figura 4, as subáreas mais críticas em relação a esses baixos teores. Da mesma forma, em uma adubação convencional a área Extensão Maria Tereza deveria receber a mesma quantidade de adubo fosfatado, uma vez que, em toda ela, o teor do elemento foi considerado baixo; no entanto, observa-se, na Figura 5, que o comportamento da distribuição do fósforo na área estudada é variável, sinalizando para que nela a distribuição do adubo seja diferenciada. Também se pode comprovar a diminuição do teor de fósforo com a profundidade.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que:

1. O solo da Extensão Maria Tereza apresenta baixa fertilidade, necessitando ser adubado quando utilizado para fins agrícolas.

2. As maiores variabilidades, medidas por meio do coeficiente de variação, foram observadas para o fósforo e matéria orgânica, enquanto o potássio apresentou média variabilidade.

3. Nas duas profundidades, o potássio apresentou distribuição normal. Para as demais variáveis químicas, não se constatou distribuição normal.

4. A análise de dependência espacial mostrou que, nas duas profundidades, as variáveis químicas estudadas apresentaram forte correlação espacial.

5. O modelo ajustado aos dados de fósforo foi do tipo exponencial, enquanto aos dados de potássio e matéria orgânica, foi do tipo esférico.

AGRADECIMENTOS

À Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco - CODEVASF, 3ª Superintendência Regional, pelas informações concedidas a respeito da área em estudo.

LITERATURA CITADA

Arzeno, J.L. Avaliação física de diferentes manejos de solo em um Latossolo Roxo-Distrófico. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiros"/USP, 1990. 259p. Tese Doutorado

Berg, M.van den; Oliveira, J.B. Variability of apparently homogeneous soilscapes in São Paulo state, Brazil: I. Spatial analysis. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.24, n.2, p 377-391, 2000.

Cambardella, C.A.; Moorman, T.B; Novack, J.M; Parkin, T.B; Karlen, D.L; Turco R.F.; Knopka, A.E. Field-scale variability of soil proprieties in central Iowa soils. Soil Science Society America Journal, Medison, v.58, p.1240-1248, 1994.

Coelho, M.G. Variabilidade espacial de características físicas e químicas em um solo salino-sódico. Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 14, p.149-156, 1983.

CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco. Assistência técnica e extensão rural - ATER. Relatório anual 1999. Petrolina, 1999. 84p.

Costa Neto, P.L.O. Estatística. 15 ed. São Paulo: Edgard Blucher. 1997. 468p.

Couto, E.G.; Klamt, E.; Stein A. Estimativa do teor de argila e do potássio trocável em solos esparsamente amostrados no sul do estado do Mato Grosso. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 24, p. 129-139, 2000.

EMATER - Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural. Sugestões de adubação para o estado da Paraíba; 1ª. aproximação. João Pessoa: EMATER-PB, 1979. 105p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 1999. 412p.

Guerra, P.A.G. Geoestatística operacional. Ministério das Minas e Energia/ Departamento de Produção Mineral, Brasília, 1988. 145p.

Jorge, J.A. Solo: manejo e adubação. São Paulo: Editora Poligono, 1969, 146p.

Oliveira, J.J.; Chaves, L.H.G.; Queiroz, J.E.; Luna, J.G. de. Variabilidade espacial de propriedades químicas em um solo salino-sódico. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.23, n.4, p.783-789, 1999.

Salviano, A.A.C.; Vieira, S.R.; Sparovek, G. Variabilidade espacial de atributos de solo e de *Crotalaria juncea* L. em área severamente erodida. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.22, n.1, p 115-122, 1998.

Souza, L. Variabilidade espacial do solo em sistemas de manejo. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1992. 162p. Tese Doutorado

Souza, L.C.; Queiroz, J.E.; Gheyi, H.R. Variabilidade espacial da salinidade em um solo aluvial no semi-árido paraibano. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 14, n.1, p. 35-40, 2000.

Souza, L.S.; Cogo, N.P.; Viera, S.R.; Variabilidade das propriedades físicas e químicas do solo em pomar de citros. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 21, n.3, p.367-372, 1997.

Souza, L.S.; Cogo, N.P.; Viera, S.R. Variabilidade de fósforo, potássio e matéria orgânica no solo, em relação a sistemas de manejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.22, n.3, p 77-86, 1998.

Spiegel, M.R. Estatística. 2 ed. São Paulo: McGraw Hill, 1985, 454p

Trangmar, B.B.;Yost, R.S.; Uehara, G. Applications of geoestatistics to spatial studies of soil proprieties. Advances in Agronomy, Kent,v. 38, p.45-94, 1985.

Vieira, S.R.; Hatfield, J.L.; Nielsen, D.R.; Biggar, J.W. Geostatistics theory and application to variability of some agronomical properties. Hilgardia, Califórnia, v.31 n.3, 1983, 75p.

Vieira, S.R.; Lombardi Neto, F. Variabilidade espacial do potencial de erosão das chuvas do estado de São Paulo. Bragantia, Campinas, v. 54, p. 405-412, 1995.

Vieira, S.R.; Nielsen, D.R; Biggar, J.W. Spatial variability of field-measured infiltration rate. Soil Science Socirty America Journal, Madison, v.45, p.1040-1048, 1981.

Warrick, A.W.; Nielsen, D.R. Spatial variability of same physical properties of the soil. In: Hillel, D. ed. Aplications of soil physics, New York: Academic Press, 1980, Cap. 13, p.319-344.

Webster, R. Quantitative spatial analysis of soil in the field. In: Stewart, B.A., Advance in Soil Science, New York, v.3, p.1-70, 1985.

ASABE
Engineering a Sustainable Future

Conecte-se

Publicações incluídas | procure ajuda | Sobre | Contate-nos

Juntar

Página inicial da biblioteca

Procurar

Obtendo Texto Completo

Alerta de e-mail

Página inicial da ASABE

Autores, por favor utilizem o Guia para Autores ao criar seus artigos.

Informações de acesso público
= Acesso público (PA)
= Tempo limitado de PA
= Acesso aberto
= Contate-nos para compra

Clique em "Baixar PDF" para a versão PDF ou no título para a versão HTML.

Se você não for membro da ASABE ou se seu empregador não providenciou acesso ao texto completo, clique aqui para ver as opções.

VARIABILIDADE ESPACIAL DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO DISTRITO DE IRRIGAÇÃO DE SÃO GONÇALO-PARAÍBA-BRASIL

Publicado pela Sociedade Americana de Engenheiros Agrícolas e Biológicos, St. Joseph, Michigan www.asabe.org

Citação: Número do artigo 032211, Reunião Anual da ASAE de 2003. (doi: 10.13031/2013.15023) @2003
Autores: Roberto Vieira Pordeus, Carlos Alberto Vieira de Azevedo, Paulo Cesar de Moura Silva, Vera Lúcia Antunes de Lima, José Dantas Neto
Palavras-chave: variabilidade, geoestatística, água subterrânea
Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a qualidade das águas subterrâneas a fim de verificar, através de ferramentas geoestatísticas, sua dependência espacial visando propor uma metodologia adequada para definição de pontos de coleta de amostras. A CE, o pH e o RAS das amostras de água subterrânea do Distrito de Irrigação So Gonalo, localizado no município de Souza, estado da Paraíba, Brasil, foram determinados no Laboratório de Irrigação e Salinidade da Universidade Federal de Campina Grande. Quanto ao aspecto da dependência espacial, o modelo esférico foi o que promoveu melhor ajuste aos semivariogramas para as variáveis estudadas, apresentando efeito pepita de 0,0291, 100 mhos cm-1 a 25C e 0,41, respectivamente, para pH, CE e RAS. As relações percentuais entre o efeito pepita (Co) e o pouso (Co+C) foram de 6,92, 0,23 e 524%, respectivamente, para pH, CE e RAS, o que caracteriza uma forte dependência espacial na área estudada para estes parâmetros. Observou-se que os parâmetros estudados apresentaram não uniformidade ao longo da área, apresentando valores menores no início da área, com pico de 6 para RAS, e no restante da área valores maiores com tendência de uniformidade.

(Baixar PDF) (Exportar para EndNotes)

Sociedade Americana de Engenheiros Agrícolas e Biológicos

2950 Niles Road, St. Joseph, MI 49085
Telefone: +12694290300 Fax: +12694293852
Copyright © 2024 Sociedade Americana de Engenheiros Agrícolas e Biológicos

SEÇÃO IV - FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO ALUVIAL DA ILHA DE ASSUNÇÃO – CABROBÓ (PERNAMBUCO)[1]

L. H. G. CHAVES[2], G. A. TITO[3], I. B. CHAVES[4], J. G. LUNA[5] & P. C. M. SILVA[6]

RESUMO

O solo aluvial da Ilha de Assunção, localizada no Rio São Francisco, em Cabrobó (PE), tem sido intensamente cultivado com culturas anuais sob irrigação. O nível de produtividade atual não é satisfatório em razão do uso de práticas agrícolas inadequadas para a continuidade da atividade agrícola. Objetivou-se realizar um levantamento das propriedades químicas dos solos numa área de 1.131 ha, por meio da coleta de 1.053 amostras de solo, na profundidade de 0-30 cm. As amostras foram caracterizadas quimicamente e os dados analisados por técnicas estatísticas descritivas. Os resultados obtidos indicaram haver maior variabilidade para os teores de alumínio, potássio, fósforo e para a percentagem de saturação por sódio e menor variabilidade para pH, não havendo distribuição normal dos dados. As amostras de solo apresentaram, em sua maioria, baixos teores de alumínio, de matéria orgânica e de fósforo; valores de pH e CTC e teores de cálcio + magnésio e potássio adequados para a maioria das culturas e foram classificadas como normais em relação à percentagem de saturação por sódio.

Termos de indexação: fertilidade, reação do solo, sodicidade.

---

[1] Recebido para publicação em julho de 2001 e aprovado em março de 2004.
[2] Professora Titular do Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande –UFCG. Caixa Postal 10087, CEP 58109-970 Campina Grande (PB). E-mail: lhgarofalo@hotmail.com
[3] Engenheiro Agrícola, M.Sc. em Irrigação e Drenagem pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB. Caixa Postal 10087, CEP 58109-970 Campina Grande (PB). Bolsista do CNPq. E-mail: gilvanisetito@yahoo.com.br
[4] Professor do Departamento de Solos e Engenharia Rural, UFPB. E-mail: iedebchaves@hotmail.com
[5] Professor do Departamento de Matemática e Estatística do Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual da Paraíba – UEPB. Av. das Baraúnas 351, Campus Universitário, CEP 58101-001 Campina Grande (PB). E-mail: prpgp@uepb.rpp.br
[6] Engenheiro-Agrônomo, M.Sc em Irrigação e Drenagem, UFPB. E-mail: paulomoura @deag.ufpb.br

SUMMARY: *CHEMICAL PROPERTIES OF THE ALLUVIAL SOIL OF ASSUNÇÃO ISLAND, CABROBÓ (PERNAMBUCO STATE, BRAZIL)*

The alluvial soil of the Assunção Island, in the São Francisco River, Cabrobó, State of Pernambuco, Brazil, has been intensively cultivated with annual crops under irrigation. The present yields are unsatisfactory due to the use of inadequate agricultural practices that are not sustainable. This study aimed to survey the soil chemical properties in an area of 1,131 ha by collecting 1,053 samples in the 0-0.30 m surface soil layer. The samples were analyzed for chemical properties and the data were analyzed using descriptive statistics. The obtained results indicated that there was higher variability for aluminum, potassium and phosphorus concentration and for the percentage of sodium saturation. The lowest variability was observed for soil pH. The data did not present a normal distribution. Most soil samples presented low aluminum, organic matter, and phosphorus concentrations. The soil pH, CEC, calcium, magnesium, and potassium concentration were interpreted as appropriate for most crops and were classified as normal regarding the percentage of sodium saturation.

Index terms: fertility, soil reaction, salinity.

INTRODUÇÃO

O sucesso da agricultura irrigada depende, além da qualidade da água fornecida às plantas, da drenagem da área e do manejo da fertilidade do solo. Segundo Mello et al. (1983), um solo pode ser considerado fértil, quando, além de conter quantidades suficientes e em proporções adequadas dos nutrientes essenciais às plantas e livre de elementos tóxicos, apresentar, também, propriedades físicas satisfatórias.

A Ilha de Assunção, no município de Cabrobó, estado de Pernambuco, apresenta uma área irrigável de 4.382 ha e é ocupada por 1.460 famílias, sendo a primeira ilha do Rio São Francisco a ser irrigada. Na década de 40, feijão e arroz eram produzidos e consumidos nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, e grande parte da produção de cebola era exportada da ilha. No entanto, durante muitos anos, a agricultura na ilha caracterizou-se pelo uso de práticas inadequadas e pela baixa aplicação de tecnologia, resultando na aceleração do processo de degradação do solo. A exploração intensiva das áreas sem reposição de nutrientes e correção da acidez do solo, a falta de drenagem, juntamente com a descapitalização dos agricultores, refletiu na redução da produtividade das áreas, graças, principalmente, à diminuição da sua fertilidade natural e à salinização do solo, sendo esta mais freqüente na parte central da ilha, em áreas de depressão e de drenagem deficiente (CODEVASF, 1984).

A partir de 1995, a Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco - CODEVASF, sediada em Petrolina (PE), iniciou um programa de reabilitação agrícola da ilha, por meio de um diagnóstico dos fatores limitantes do solo à produção agrícola.

Dentro deste contexto e considerando que tanto os processos de formação dos solos aluviais como o manejo inadequado contribuem para a variabilidade das propriedades químicas dos solos, o presente trabalho teve como objetivo diagnosticar as propriedades químicas do solo da Ilha de Assunção, visando oferecer subsídios para o manejo adequado do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo abrange uma superfície de 1.131 ha da Ilha da Assunção, situada no Submédio do Rio São Francisco, próxima à cidade de Cabrobó (PE). Geograficamente, a Ilha de Assunção está localizada a oeste do estado de Pernambuco, entre os paralelos 8 º 32 ' 45 " e 8 º 33 ' 02 " S e os meridianos 39 º 27 ' 08 " e 39 º 17 ' 24 " W, com altitude média de 324 m. Predomina relevo plano com ocorrência de pequenos declives de até 3 %. O clima é semi-árido quente e as precipitações pluviais médias anuais variam de 350 a 600 mm.

O solo predominante na ilha é Aluvial. Ele é originário de deposições fluviais recentes e, por isso, é pouco desenvolvido, apresentando apenas o horizonte A bem definido. Com a finalidade de avaliar as condições atuais deste solo, no que se refere às suas características químicas, foram coletadas 1.053 amostras de solo na profundidade de 0-0,30 m em pontos aleatórios, abrangendo toda a superfície da ilha. As análises químicas das amostras de solo foram realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade do Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande e consistiram de: pH em água (1:2,5); cátions trocáveis, acidez trocável, fósforo disponível (Mehlich-1), matéria orgânica (MO) e condutividade elétrica (CE) do extrato de saturação de acordo com recomendações da Embrapa (1997). Com base

nessas determinações foram calculadas a capacidade de troca catiônica (CTC) e a percentagem da CTC saturada por sódio (PSS).

No quadro 1, são apresentados os níveis adotados na interpretação dos parâmetros químicos determinados e as respectivas unidades.

Os dados obtidos dos parâmetros químicos foram inicialmente analisados por meio de técnicas estatísticas descritivas, ou seja, por meio de cálculos da média, mediana e moda. Foram calculados, também, os valores, máximo e mínimo, dessas propriedades, o desvio-padrão (DP), o coeficiente de variação (CV) e os valores de curtose. De acordo com os valores de C.V., a variabilidade dessas propriedades foi classificada, segundo Warrick & Nielsen (1980), em: baixa (C.V. < 12 %), média (12 < C.V. < 62 %) e alta (C.V. > 62 %). Avaliou-se também a distribuição de freqüência dos dados, sendo apresentada sob a forma de histograma.

Para verificar a aderência ou não dos dados à distribuição normal, aplicou-se o teste de Komolgorov-Smirnov (KS) a 1 %. Esse teste consiste, conforme Costa Neto (1997), no cálculo das diferenças entre as probabilidades da variável normal reduzida e as probabilidades acumuladas dos dados experimentais. Se o valor calculado em módulo for menor que o tabelado, a distribuição experimental é aceita como aderente à distribuição normal. Para um número de amostras (n) maior do que 50, calcula-se KS pela seguinte equação:

$$KS = \sqrt{\frac{-\ln\left(\frac{p}{2}\right)}{2n}}$$

em que KS = diferença máxima admitida entre a curva experimental e a teórica; p = nível de significância escolhido, e n = número de dados amostrados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os valores, mínimo (4,43) e máximo (8,90), de pH (Quadro 2), constata-se que o solo da Ilha de Assunção apresenta reação, variando de fortemente ácida até alcalina. Essa mesma variação foi verificada por Silva (2001), trabalhando em áreas do Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, Petrolina (PE). No entanto, os valores da média, mediana e moda mostram que predominam, na área estudada, amostras com reação moderadamente ácida, o que pode ser confirmado pelo histograma de freqüência (Figura 1).

Analisando a freqüência dos resultados, pôde-se constatar ser desnecessária a aplicação de corretivo da acidez em 22 % da área, uma vez que os valores de pH de suas amostras de solo variaram de 6,0 a 6,5, faixa considerada adequada para a maioria das culturas. Em 49 e 11 % da referida área, ocorrem valores de pH entre 5,0 e 6,0 e menores que 5,0, respectivamente. A necessidade de calagem, nestes casos, irá depender da tolerância das culturas a serem instaladas às referidas faixas de pH. Em geral, a quantidade de corretivo a ser utilizada em áreas que apresentam valores de pH entre 5,0 e 6,0 é pequena e, dependendo da cultura, como é o caso da batata-inglesa, batata-doce, melancia e arroz (Lopes, 1998), a correção do pH torna-se dispensável. Da mesma forma, para culturas como a da mandioca, manga, caju, abacaxi, citrus e banana, quando instaladas em áreas cujos solos apresentam valores de pH entre 4,5 e 5,0, a necessidade de corretivo é pequena, uma vez que essas culturas são adaptadas

Quadro 1. Classificação das propriedades químicas, de acordo com seus respectivos níveis

Característica	Classificação e nível					
	Baixo	Médio	Alto	Muito alto		
Ca + Mg ($cmol_c\ kg^{-1}$)[1]	0-2	2,1-6	6,1-10	> 10		
K ($cmol_c\ kg^{-1}$)[1]	0-0,11	0,12-0,23	0,23-0,35	> 0,35		
Al ($cmol_c\ kg^{-1}$)	0-0,3	-	> 0,3	-		
CTC ($cmol_c\ kg^{-1}$)[2]	< 5	5,1-15	15,1-50	> 50		
P ($mg\ dm^{-3}$)[1]	0-10	10,1-20	20,1-30	> 30		
MO ($g\ kg^{-1}$)[1]	0-15	15,1-25	> 25	-		
pH[4]	Extremamente ácido ≤ 4,3	Fortemente ácido 4,4-5,3	Moderadamente ácido 5,4-6,3	Praticamente neutro 6,4-7,3	Moderadamente alcalino 7,4-8,3	Alcalino ≥ 8,4
PSS[3]	Normal < 8	Solódico 8-20	Sódico > 20			

Fonte: [1] Embrapa (1980). [2] Mello et al. (1983). [3] Embrapa (1988). [4] EMATER (1979).

Quadro 2. Medidas descritivas dos dados de variabilidade das propriedades químicas do solo

Medida	pH	Al trocável	Ca + Mg	K	CTC	Matéria orgânica	P	PSS
			$cmol_c\ kg^{-1}$			$g\ kg^{-1}$	$mg\ dm^{-3}$	%
Média	5,85	0,08	7,36	0,23	10,58	6,77	14,31	6,37
Mediana	5,78	0,00	6,42	0,19	8,99	6,21	7,48	1,66
Moda	5,94	0,00	6,79	0,09	7,24	5,01	2,32	0,84
DP[(1)]	0,74	0,16	3,80	0,19	5,75	3,59	18,42	10,98
C.V. (%)	12,60	196,79	51,57	80,84	54,39	52,99	128,77	172,30
Curtose	0,094	10,15	2,60	2,92	5,97	3,31	6,47	7,62
Máximo	8,90	1,00	24,62	0,99	41,84	29,90	97,30	72,14
Mínimo	4,43	0,00	1,62	0,01	2,72	0,65	0,36	0,09
KS (%)	0,591	1	0,744	0,672	0,593	0,635	0,67	0,649

[(1)] Desvio-padrão. * e **, Teste de KS a 5 e 1 %.

a essa faixa de pH. No entanto, apesar dessa adaptabilidade, vale salientar que, nesta faixa de pH, por ser baixa a disponibilidade de certos elementos, tais como: fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, molibdênio e boro, as quantidades dos mesmos, algumas vezes, são insuficientes para suprir as necessidades das culturas, tornando necessária a adição dos elementos ao solo.

Em relação ao alumínio, os valores encontrados nas amostras de solo (Quadro 2) variaram de baixo a alto (Embrapa, 1980); no entanto, a maior parte dessas amostras não apresentou alumínio ou, quando da presença, teores baixos, o que pode ser visualizado na figura 1.

A distribuição das amostras de solo em relação aos teores de cálcio + magnésio, variou entre baixo e muito alto (Quadro 2), sendo classificados como altos os valores da média, mediana e moda. Como mostra a figura 1, a maior parte das amostras de solo do presente trabalho apresentou teores de cálcio + magnésio variando de médio a alto. Apesar de ter sido feita a classificação dos teores de cálcio + magnésio, tendo como base os níveis sugeridos pela Embrapa (1980), essa interpretação não tem valor teórico ou prático, principalmente quando os teores são baixos. Isto porque, em geral, solos com baixos teores de cálcio e magnésio são também muito ácidos e a neutralização dessa acidez, por meio da calagem, supre esses elementos mais do que o suficiente (Raij, 1991).

Considerando que os locais que apresentaram baixos valores de pH deverão ter sua acidez corrigida pela calagem e que as necessidades da maioria das culturas, em relação ao cálcio e magnésio, não são das mais elevadas, pode-se dizer que as culturas a serem instaladas na área em estudo não apresentarão, provavelmente, deficiência desses elementos.

Os teores de potássio variaram de baixo a muito alto (Embrapa, 1980), tendo 48,5 % das amostras apresentado teores variando de médios (27,4 %) a altos (21,1 %) (Figura 1), confirmados pelos valores da média e mediana. O restante das amostras, 33,8 e 17,7 %, apresentou teores baixos e muito altos, respectivamente, segundo os níveis indicados pela Embrapa (1980). Com base na interpretação desses resultados, poder-se-ia dizer que 61,2 % da área deveriam receber adubação potássica para melhorar a fertilidade do seu solo. No entanto, dependendo das culturas a serem instaladas na área, essa interpretação pode ser considerada errônea, uma vez que os teores de potássio, classificados como médios, podem ser suficientes para o desenvolvimento de determinadas culturas (Raij, 1991). Ou seja, nestas situações, não se faz necessária a aplicação de adubo ao solo.

A CTC é de grande importância no que diz respeito à fertilidade do solo, uma vez que indica a capacidade total de retenção de cátions, os quais, em geral, irão tornar-se disponíveis às plantas. Os valores encontrados de CTC variaram de baixo a muito alto. No entanto, de acordo com os valores da média, mediana e moda, o que predomina na área estudada são valores médios de CTC, considerando os valores sugeridos por Mello et al. (1983). Essa amplitude dos dados pode ser visualizada por meio do histograma de freqüência (Figura 1). Considerando que as cargas elétricas negativas ocorrem, predominantemente, nas frações orgânica e argila dos solos e que predominam na área de estudo baixos teores de matéria orgânica, pode-se inferir que os valores de CTC devem estar relacionados, principalmente, com a fração argila, sendo os solos em toda extensão da ilha classificados como argilo-siltosos.

No quadro 2, pode-se verificar que os teores de matéria orgânica encontrados nas amostras de solo variaram de baixo a alto (Embrapa, 1980). Todavia,

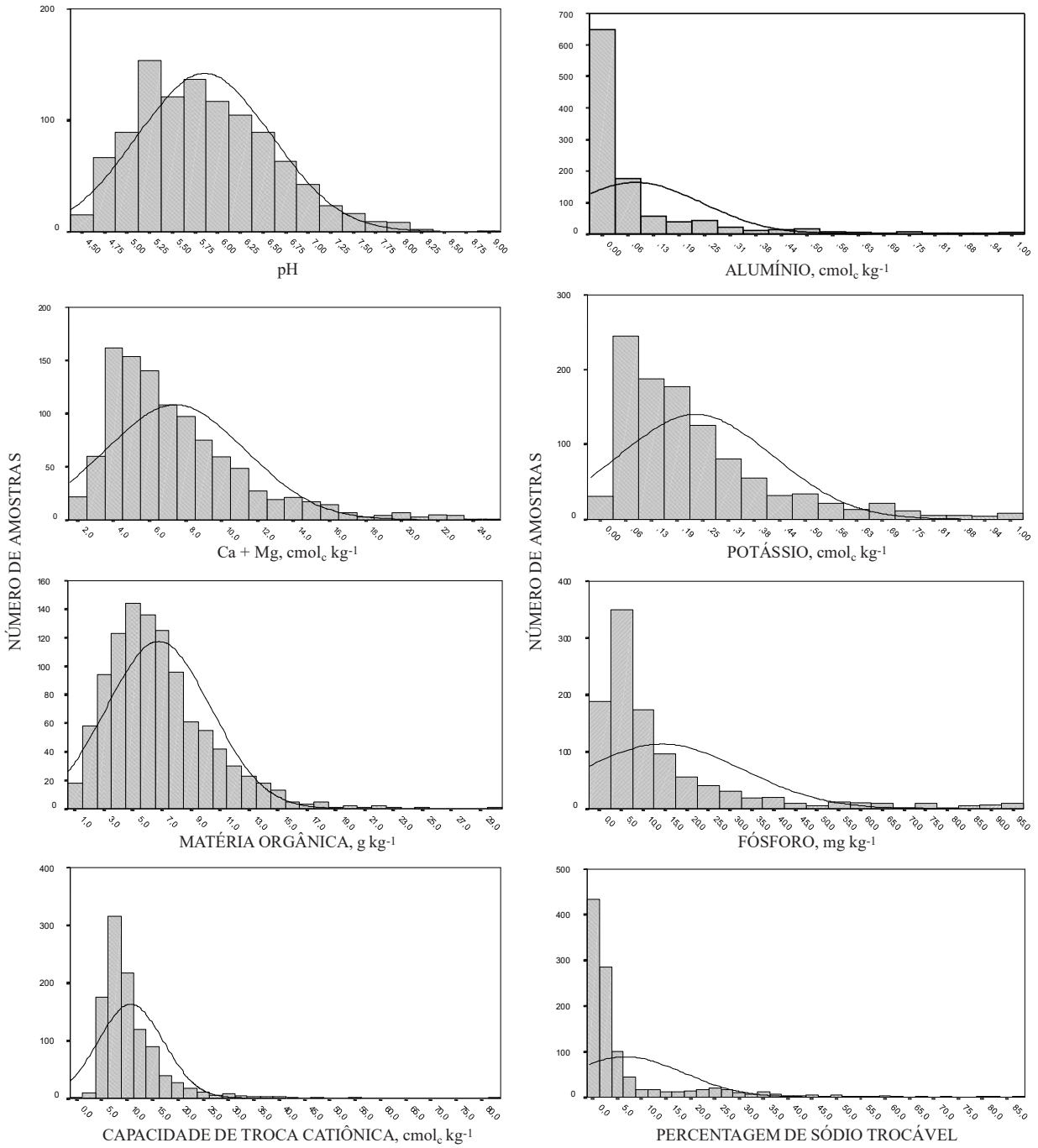


Figura 1. Histograma de freqüência e linhas de distribuição normal para os dados de pH, alumínio, cálcio mais magnésio, potássio, matéria orgânica, fósforo, capacidade de troca catiônica e percentagem de sódio trocável.

no histograma de freqüência (Figura 1), a maior parte das amostras apresenta baixos teores, confirmado pelos valores da média e mediana. Apenas 2,5 e 0,09 % das amostras apresentaram teores classificados como médios e altos, respectivamente, o que provocou grande amplitude total de dados. Conhecendo esses resultados e considerando que a matéria orgânica funciona como condicionador do solo e exercendo múltiplos efeitos sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos (Raij, 1991), fica evidente a necessidade de modificar o sistema de cultivo.

Em relação ao fósforo, os valores, mínimo e máximo, encontrados, de acordo com EMBRAPA (1980), podem ser classificados como baixo e muito alto, respectivamente. Apesar da amplitude dos dados e do valor da média, esse nutriente apresenta teor médio (Figura 1). Verifica-se que a maior parte das amostras, da mesma forma como foi constatado por Cavalcanti et al. (2000), apresentou baixos teores de fósforo, ou seja, quantidade insuficiente para suprir as necessidades das culturas em geral. Desta forma, faz-se necessária a adição de fósforo ao solo para que o desenvolvimento das culturas não seja prejudicado pela deficiência desse nutriente.

Os valores (mínimo e máximo) da PSS (Quadro 2) revelaram que as amostras de solo coletadas podem ser classificadas desde normais até sódicas (Embrapa, 1988). Apesar dessa amplitude, 81 % delas apresentaram-se como normais, ou seja, PSS menor que 8, demonstrando que os teores de sódio nelas presentes não são prejudiciais às culturas. Do restante das amostras, 8 e 11 % apresentaram-se como solódicas e sódicas, respectivamente. Isto permite inferir que, em torno de 19 % da Ilha de Assunção, correspondente à sua parte central, podem estar ocorrendo problemas sob o aspecto físico e químico do solo, decorrentes do acúmulo de sódio na área. Esse acúmulo pode ser justificado pelo fato de ter a ilha topografia plana, apresentar áreas de depressão na sua parte central, o que faz com que o sistema de drenagem das águas superficiais seja deficiente, e, no passado, nestas áreas terem sido cultivados arroz e cebola irrigados pelo sistema de inundação.

O diagnóstico do solo da Ilha de Assunção em relação aos valores da PSS é importante para o planejamento da reabilitação agrícola da ilha e deve ser considerado, principalmente, para a recomendação dos manejos mais adequados a serem utilizados. As áreas com problemas decorrentes da sodicidade, por exemplo, devem ser recuperadas e, dentre os processos para tal, devem estar incluídos o melhoramento do seu sistema de drenagem e a correção de suas propriedades físicas, uma vez que estas influenciam o sucesso da aplicação de fertilizantes para proporcionar aumentos à produção das culturas (Santos & Muraoka, 1997). Para evitar que as áreas que não apresentam tais problemas venham a apresentá-los ao longo do tempo de exploração agrícola, a irrigação das culturas deverá ser por meio de um eficiente sistema de drenagem.

Os valores do coeficiente de variação para as propriedades analisadas, segundo Warrick & Nielsen (1981), foram altos para o alumínio, fósforo, potássio e PST, concordando com o que foi constatado por Silva (2001), em relação ao fósforo, e Souza et al. (1997), em relação ao fósforo e potássio. Os valores de CV para o cálcio mais magnésio, CTC, matéria orgânica e pH foram classificados como médios. A variabilidade dessas propriedades pode ser atribuída, em parte, aos processos de formação do solo aluvial e, em parte, à aplicação localizada de fertilizantes e ao efeito residual da adubação (Souza et al., 1998; Salviano et al., 1998). De acordo com Santos & Vasconcelos (1987), Souza et al. (1997), Salviano et al. (1998), Oliveira et al. (1999) e Silva (2001), o pH é a propriedade que apresenta menor variação. O conhecimento da variabilidade dessas propriedades é importante, principalmente para definir o manejo mais adequado a ser utilizado na área em estudo.

Apesar de os valores de curtose para cálcio mais magnésio, potássio e matéria orgânica estarem próximos a 3, o que indicaria uma provável distribuição normal de seus dados (Spiegel, 1985), esta não foi confirmada pelo teste KS, ou seja, o teste KS não foi significativo para nenhuma destas propriedades, assim como para as demais propriedades analisadas (Quadro 2).

Na figura 1, isto pode ser visualizado, uma vez que os histogramas de freqüência apresentam, em geral, assimetria à esquerda. Essa assimetria é influenciada por valores discrepantes dentre os conjuntos de dados, o que faz com que as médias aritméticas dos valores das propriedades não possam ser usadas para inferir sobre a variabilidade das amostras. Com base nesta afirmativa, para obter um manejo mais eficiente e, conseqüentemente, agricultura mais rentável, seria recomendado um estudo de dependência espacial dessas propriedades.

CONCLUSÕES

1. No solo da Ilha de Assunção, as maiores variabilidades foram verificadas para o alumínio, potássio, fósforo e PSS e a menor para o pH.

2. Nenhuma propriedade química apresentou distribuição normal de dados.

3. Predominaram baixos teores de alumínio, de matéria orgânica e de fósforo.

4. As amostras de solo da maior parte da área apresentaram valores de pH e CTC e teores de cálcio + magnésio e potássio adequados para a maioria das culturas e foram classificadas como normais em relação a PSS.

AGRADECIMENTO

À Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco - CODEVASF, 3ª Superintendência Regional, pelas informações agronômicas concernentes à área em estudo.

LITERATURA CITADA

BERNSTEIN, L. Effects of salinity and sodicity on plant growth. Ann. Rev. Plant Phytopathol., 13:295-312, 1975.

CAVALCANTI, F.J.A.; MESSIAS, A.S.; SILVA, M.C.L. & MORAES, E.J.F. Avaliação da fertilidade do solo de Pernambuco: Resultados de 1999. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 13., Ilhéus-BA, 2000. Anais. Ilhéus, 2000. CD-ROM.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DO VALE DE SÃO FRANCISCO -CODEVASF. Inventário dos projetos privados de irrigação submédio São Francisco: relatório final. Brasília, 1984.78p.

COSTA NETO, P.L.O. Estatística. São Paulo, Edgard Blücher, 1997. 468p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Avaliação da fertilidade dos solos do Distrito Federal. Rio de Janeiro, 1980. 11p. (Boletim Técnico 74)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento; normas em uso pelo SNLCS. Rio de Janeiro, 1988. 119p.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL - EMATER. Sugestões de adubação para o Estado da Paraíba; 1ª aproximação. João Pessoa, 1979. 56p.

LOPES, A.S. Manual internacional de fertilidade do solo. Tradução e Adaptação. 2.ed. Piracicaba, Potafos, 1998. 177p.

MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R.I.; COBRA NETTO, A. & KIEHL, J.C. Fertilidade do solo. São Paulo, Nobel, 1983. 400p.

MEURER, E.J. & ANGHINONI, I. Disponibilidade de potássio e sua relação com parâmetros de solo. R. Bras. Ci. Solo, 17:377-382, 1993.

OLIVEIRA, J.J.; CHAVES, L.H.G.; QUEIROZ, J.E. & LUNA, J.G. Variabilidade espacial de propriedades químicas em um solo salino-sódico. R. Bras. Ci. Solo, 23:783-789, 1999.

RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba, Ceres, Potafos, 1991. 343p.

SALVIANO, A.A.C.; VIEIRA, S.R. & SPAROVEK, G. Variabilidade espacial de atributos de solo e de *Crotalaria juncea* L. em área severamente erodida. R. Bras. Ci. Solo, 22:115-122, 1998.

SANTOS, R.V. & MURAOKA, T. Interações salinidade e fertilidade do solo. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E. & MEDEIROS, J.F., eds. Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, 1997. p.289-317.

SANTOS, R.V. & VASCONCELOS, C.A. Determinação do número de amostras de solo para análise química em diferentes condições de manejo. R. Bras. Ci. Solo, 11:97-100, 1987.

SILVA, P.C.M. Avaliação e variabilidade espacial de propriedades químicas do solo da "Extensão Maria Tereza"-Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, Petrolina-PE. Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, 2001. 104p. (Tese de Mestrado)

SOUZA, L.S.; COGO, N.P. & VIEIRA, S.R. Variabilidade das propriedades físicas e químicas do solo em pomar de citros. R. Bras. Ci. Solo, 21:367-372, 1997.

SOUZA, L.S.; COGO, N.P.; VIEIRA, S.R. Variabilidade de fósforo, potássio e matéria orgânica no solo em relação a sistemas de manejo. R. Bras. Ci. Solo, 22:77-86, 1998.

SPIEGEL, M.R. Estatística. 2.ed. São Paulo, McGraw Hill, 1985. 454p.

WARRICK, A.W. & NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D., ed. Applications of soil physics. New York, Academic Press, 1980, p.319-344.

Revista em Agronegócio e Meio Ambiente - RAMA
DOI:10.17765/2176-9168.2024v17n1e10919
e-ISSN 2176-9168

O modelo espacial multicritérios para implantação de aerogeradores visando a redução de impactos ambientais

Multicriteria spatial model for the implementation of wind turbines aimed at reducing environmental impacts

Yara Lemos de Paula[1], Paulo César Moura da Silva[2]

***Autor correspondente**: Amanda Martins de Souza – *E-mail*: mariabaggio@yahoo.com.br

Recebido em: 19/05/2022
Aceito em: 12/04/2023

RESUMO: A energia eólica é uma fonte de energia renovável para incrementar a matriz energética brasileira e mundial. Diante do cenário de crescimento da demanda energética somada ao potencial eólico do litoral do Oeste Potiguar, este trabalho objetivou obter um modelo espacial para predição de áreas potenciais, visando a implantação destes empreendimentos em cinco municípios da Costa Branca, no estado do Rio Grande do Norte, nordeste do Brasil, com o intuito de prevenir impactos ambientais. Os dados foram obtidos das bases do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, OpenStreetMap, Google Earth Pro, Topodata e Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais, foram, ainda, tratados no software QGIS 3.16 com ferramentas do GRASS e SAGA. Para isto, 35 pontos inseridos aleatoriamente na área de estudo foram avaliados através de indicadores ambientais como vegetação, uso e ocupação do solo, recursos hídricos, solo e geologia, analisados através do método de interpolação espacial IDW. Observou-se que o modelo se adequou ao uso proposto, e identificou que 77,14% (N=27) dos pontos, com área total de 1.381,07 ha, apresentaram entre 60% e 85% de potencial para evitar os impactos ambientais provenientes de aerogeradores. Onde, Tibau (25,93%) apresenta-se como o município mais promissor para a implantação de empreendimentos eólicos, seguido dos municípios de Serra do Mel (22,22%), Areia Branca (18,52%), Porto do Mangue (18,52%) e Grossos (14,81%), totalizando 1.281,07 ha.

Palavras-chave: Caatinga; Desenvolvimento sustentável; Energia eólica; Geoprocessamento.

ABSTRACT: Wind energy is a renewable energy source to increase the Brazilian and global energy matrix. Given the scenario of growth in energy demand added to the wind potential of the Coast of Western Potiguar, this study aimed to obtain a spatial model for predicting potential areas, aiming at the implementation of these projects in five municipalities of Costa Branca, in the state of Rio Grande do Norte, northeastern Brazil, in order to prevent environmental impacts. The data were obtained from the databases of the Brazilian Institute of Geography and Statistics, OpenStreetMap, Google Earth Pro, Topodata and The National Spatial Data Infrastructure, and were also processed in the QGIS 3.16 software with tools from GRASS and SAGA. For this, 35 points randomly inserted in the study area were evaluated through environmental indicators such as vegetation, land use and occupation, water resources, soil and geology, analyzed through the spatial interpolation idw method. It was observed that the model was adapted to the proposed use, and identified that 77.14% (N=27) of the points, with a total area of 1,381.07 ha, presented between 60% and 85% of potential to avoid environmental impacts from wind turbines. Where, Tibau (25.93%) is the most promising municipality for the implementation of wind farms, followed by the municipalities of Serra do Mel (22.22%), Areia Branca (18.52%), Porto do Mangue (18.52%) and Grossos (14.81%).

Keywords: Caatinga; Geoprocessing; Sustainable development; Wind energy.

[1] Mestrado em Ciências Florestais.
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN, Brasil.

[2] Doutorado em Recursos Naturais na Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Brasil.

INTRODUÇÃO

A energia eólica é uma tecnologia sustentável baseada na transformação de energia mecânica em energia elétrica através da movimentação de pás de aerogeradores por massas de ar. A instalação de uma usina eólica depende do estudo de multifatores, como condições e locais do vento, temperatura, umidade, pressão, terreno (tipo de solo, rugosidade, orografia e obstáculos), rota de aves, proximidade de centros urbanos, ocupação humana, altitude, locais de vento, estradas e linhas de transmissão (Cresesb, 2017).

O Brasil apresenta um grande potencial eólico e está entre os cinco países com geração do mercado (GWEC, 2021). A importância da energia eólica, no contexto nacional, reside não só na sua sustentabilidade, mas também no seu potencial de geração e acumulação de energia. O Nordeste brasileiro apresenta o maior potencial para geração anual de energia por aerogeradores. No que se refere ao estado do Rio Grande do Norte (RN), principalmente a sua zona costeira, possui alta incidência e constância de ventos, características físicas favoráveis para a instalação de empreendimentos como este (Do Amarante *et al.*, 2001; Ferreira; Camacho; Guimarães, 2019; Agra Neto *et al.*, 2020).

Segundo o atlas do potencial eólico do RN (Cosern, 2003), a capacidade instalável do estado é de 46.511 MW (megawatts). Os dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2021) revelam que, atualmente, a capacidade instalada é de apenas 1.007 MW, apenas 2,17% do potencial. Uma das áreas promissoras para a instalação dos empreendimentos é o Litoral Norte-Noroeste (Cosern, 2003).

Dentre as vantagens da energia eólica estão: inesgotabilidade, produção de energia não poluente, não consome combustível para a geração, o prazo para construção do parque é de um ano, possui manutenções a cada seis meses, vida útil de até vinte anos, é uma complementação para a matriz energética hídrica em períodos secos em locais com grandes ventos, pode ser utilizada em consórcio com a agricultura ou em locais de difícil acesso (Amaral, 2012). Os principais impactos socioambientais positivos são o aumento do produto interno bruto (PIB), aumento do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), redução na emissão de gás carbônico, geração de emprego, movimentação do comércio local e geração de renda (Brown, 2011; Abeeólica, 2020).

Entretanto, apesar das inúmeras vantagens, os empreendimentos de geração de energia eólica onshore não estão livres de causarem impactos ambientais negativos, principalmente

para as comunidades no seu entorno, dentre eles estão: excesso de ruídos, danos estruturais nas estradas e na infraestrutura da cidade, privatização e proibição de acesso às áreas de uso comum (oceano, dunas e pesca), supressão de pomares para a instalação das linhas de transmissão, impedimentos do acesso às áreas de lazer e modificação da paisagem natural (Brown, 2011).

Segundo Neri *et al.* (2019), a região Nordeste é responsável por 86% da produção de energia eólica do Brasil, com destaque para o bioma Caatinga, que abriga 78% de todas as turbinas instaladas no país. Além da perda de mata para a ocupação do empreendimento, a maior preocupação está nos impactos — ainda subestimados — que esse bioma poderá ter no futuro. Até então, as desvantagens mais conhecidas - que ainda precisam ser avaliadas adequadamente - são a mudança de paisagem da região, o impacto sonoro e os choques com aves migratórias (Amaral, 2012).

Com o crescimento da demanda energética brasileira somada à crise hídrica e ambiental (Araújo; Azevedo, 2017), a predição dos impactos pode ser mais viável, o que torna o uso da tecnologia necessário, por possuir técnicas mais econômicas, com respostas rápidas e sustentáveis. Uma delas é o geoprocessamento que possibilita a delimitação de áreas ambientais através de imagens de satélites, identificação de falhas no planejamento ambiental urbano - conforme Plano Diretor local visando garantir a qualidade e a preservação ambiental (Cardoso, 2019) -, delimitação de áreas de preservação ambiental, conforme a legislação vigente, acompanhamento do processo de ocupação territorial (Eugenio *et al.*, 2011), e percepção visual de impactos (Menezes *et al.*, 2012).

Segundo Ferreira *et al.* (2020), a predição de áreas potenciais para o desenvolvimento de parques eólicos costuma ser realizada utilizando dados específicos (velocidade, fator de ocupação e energia gerada) e ferramentas de geoprocessamento (Almeida; Rocha; Silva, 2019). Outros métodos, como os de interpolação de áreas, são técnicas que podem agregar em estudos mais precisos em diversos setores, inclusive energético (Da Silva; De Abreu-Harbich, 2017). Portanto, o uso destes conhecimentos poderia ser igualmente utilizado para promover a conservação e o desenvolvimento sustentável local.

Os estudos sobre geradores eólicos no Oeste Potiguar referem-se, principalmente, sobre a sua viabilidade e seus impactos ambientais, econômicos e sociais nas áreas de estudo (Silva, 2016; Silva, 2018; Ferreira; Camacho; Guimarães, 2019; Oliveira; Oliveira, 2019; Sobrinho Júnior; De Morais; Da Silva, 2020; Vieira; Fernandes, 2020).

Diante disso, este trabalho objetivou obter um modelo espacial usando multicritérios para predição de áreas potenciais para implantação de empreendimentos eólicos, como medida mitigatória dos impactos socioambientais negativos inerentes a essa atividade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo abrange cinco municípios litorâneos da mesorregião do Oeste Potiguar, no estado brasileiro do Rio Grande do Norte (IBGE, 2010), e compõem o Polo Costa Branca, região com grande potencial turístico, são eles: Areia Branca, Grossos, Porto do Mangue, Serra do Mel e Tibau (Figura 1).

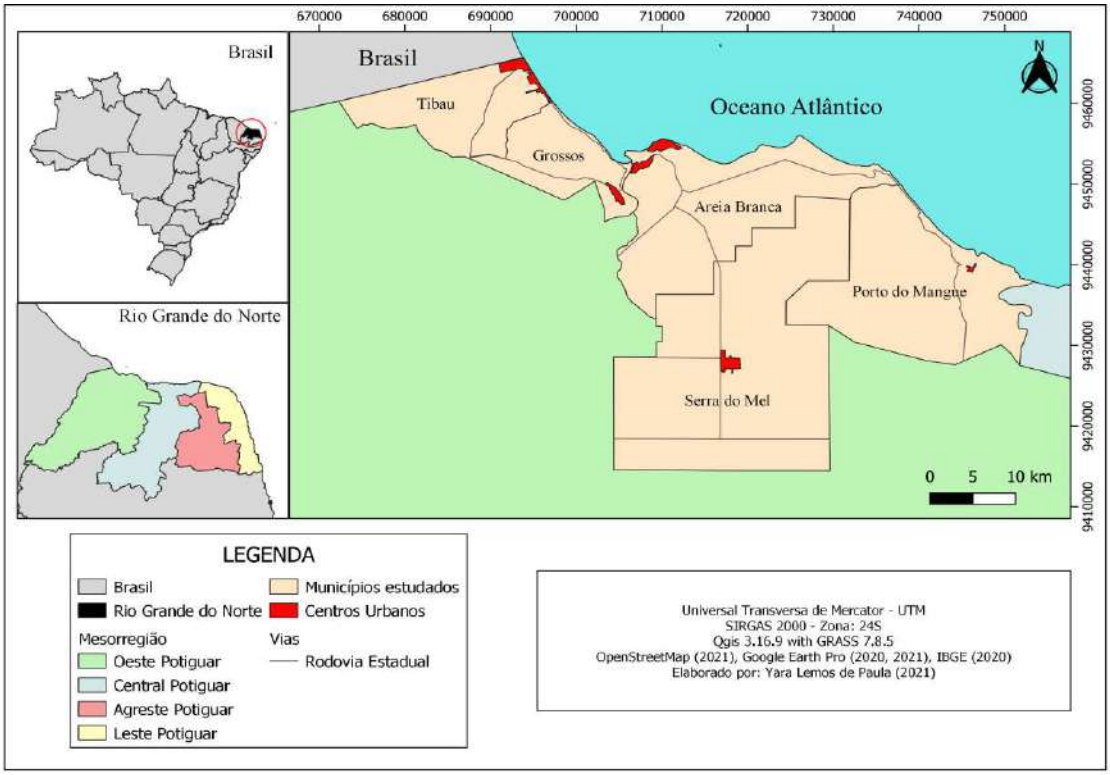


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo, compreendendo os municípios de Areia Branca, Grossos, Porto do Mangue, Serra do Mel e Tibau, na Mesorregião Oeste Potiguar do estado brasileiro do Rio Grande do Norte.
Fonte: Autoria própria (2021).

Os municípios estão localizados entre latitudes -37.48668267, -36.69947570, -36.70177947, -37.45103494 e longitudes, respectivamente, -4.76387387, -4.82199068, -5.34191182, -5.31721348, nas altitudes entre 0 e 280 m. A região demarcada ocupa uma área

de 1.618,13 km², cerca de 3% do território do Rio Grande do Norte (RN), com população estimada de 61.175 pessoas (IBGE, 2020) e as principais atividades da região são produção de sal, exploração petrolífera, pesca, carcinicultura, cajucultura e turismo.

A classificação climática do local de estudo, segundo Köppen é do tipo "BSh", caracterizada pelo clima semiárido, seco, com baixas altitudes, com temperatura média anual superior a 18 °C, com chuvas corriqueiras (Alvares *et al.*, 2012).

Os municípios estudados estão localizados no Bioma Caatinga que, em áreas litorâneas Norteriograndense, é influenciado pelo fenômeno de brisa terrestre e marinha, com média pluviométrica entre 500 mm a 900 mm (Diniz; Pereira, 2015). A vegetação da região compreende restinga, dunas (salsa, salsa-da-praia e bredinho-da-praia), mangues (vermelho, branco, preto e de botão), caatinga (arbustiva e aberta), plantas exóticas (coqueiro) e invasoras (algaroba) (Silva, 2016).

O solo predominante dos municípios de Tibau, Grossos, Areia Branca e Serra do Mel é latossolo vermelho-amarelo eutrófico, enquanto em Porto do Mangue, os latossolos deste tipo são muito profundos e porosos, no município ainda são encontrados solos do tipo solonchak, atualmente chamdo de gleissolo, característicos de Mangue, com alta salinidade, e solos aluviais eutróficos (Idema, 2008).

O relevo em Grossos e Tibau, possui menos de 100 metros de altitude, com tabuleiros costeiros, além disso, Areia Branca e Porto do Mangue estão em planícies costeiras e fluviais, e na Chapada do Apodi. Enquanto Serra do Mel está entre 100 a 200 metros de altitude, está situada na Chapada da Serra Verde. Em relação à hidrografia, os municípios possuem rios intermitentes de uma bacia de fluxo difuso desaguado no mar em vários pontos da costa (Idema, 2008).

Segundo o estudo de Amaro e Araújo (2008), as condições socioambientais da faixa litorânea desses municípios apresentam trechos de praia (± 200 m de recuo de linha de costa) ativamente expostas aos processos dinâmicos costeiros e avanço da linha da costa em direção ao continente em, no mínimo, 30 m sujeitas, no futuro, a catástrofes ambientais e sociais que causariam danos principalmente à comunidade pesqueira, turística e a futuros empreendimentos.

2.2 METODOLOGIA

Este trabalho foi conduzido baseando-se no estudo de Almeida *et al.* (2019), utilizando bases cartográficas levantadas no período entre de junho e agosto de 2021. O programa utilizado foi o software livre e gratuito *QGIS*, versão 3.16.9 (QGIS, 2020), com Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) em datum SIRGAS 2000, com projeção cartográfica UTM, zona 24Sul.

Para a construção das cartas temáticas foram utilizadas bases cartográficas de plataformas gratuitas para vias de acesso (Dados: *OpenStreetMap*, Plataforma: *QGIS*, Ano: 2021), vegetação e áreas de proteção (Ministério do Meio Ambiente - MMA, MapBiomas versão 6.0, 2020), centros urbanos (Polígono, *Google Earth Pro*, 2020 e 2021), territórios (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2020), uso e cobertura do solo (IBGE, 2020), solos (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, *Forest-gis*, 2011), parques eólicos (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2021) e *rasters* (*Landsat 8 OLI*, *United States Geological Survey* - USGS, julho de 2020).

Com o uso de uma imagem de satélite *Landsat 8 OLI* obtida em julho de 2020, foi possível aplicar o cálculo de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) (De Salis; Da Costa; Viana, 2016), para a diferenciação de áreas com vegetação e com solo exposto. Para isto, foi utilizada a calculadora raster para aplicar a equação abaixo e, após isso, foi definido as cores conforme os valores encontrados, onde solo exposto foi definido entre os valores 0 a 0,2. O cálculo utilizado foi:

$$(NIR - RED) \div (NIR + RED) \quad (1)$$

Onde, *NIR* = reflexão no espectro próximo do infravermelho; *RED* = reflexo na faixa vermelha do espectro.

Ao incluir as camadas no *QGIS*, foram criados e priorizados 7 pontos aleatórios no interior de cada município estudado (N=35) por meio da ferramenta *GRASS*, após isso, foram criados *buffers* de 500 metros para facilitar a visualização (Figura 2).

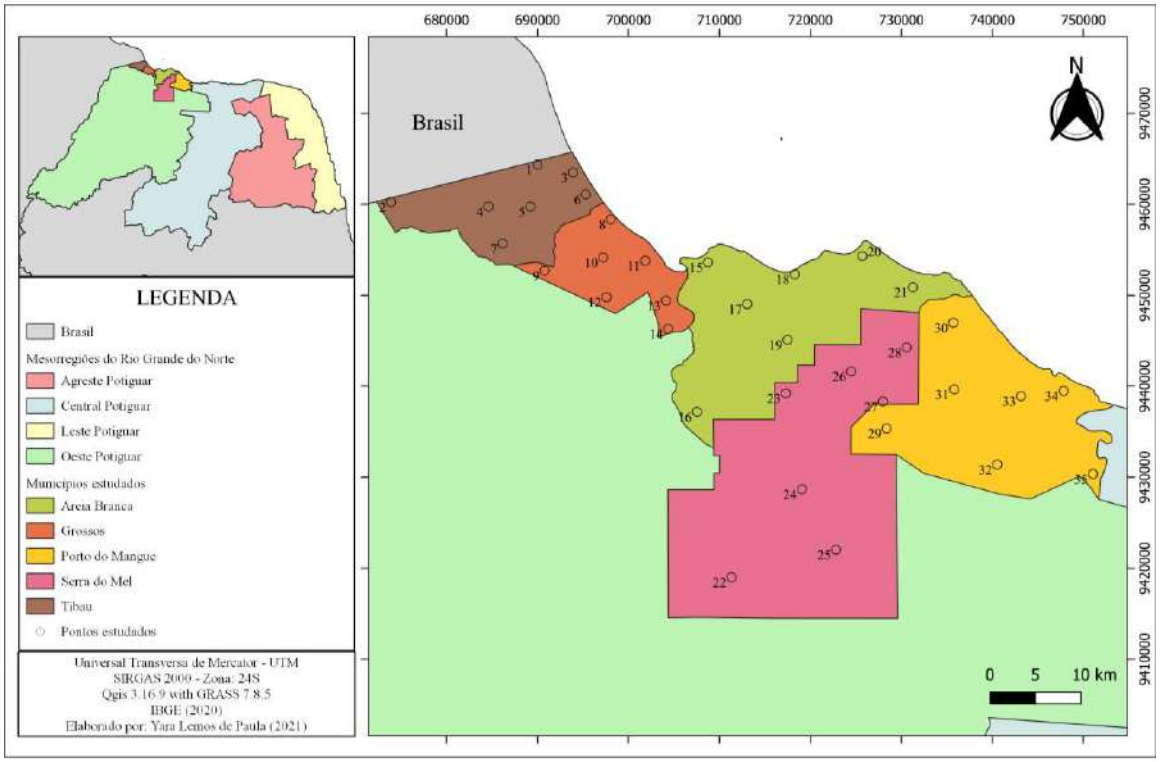


Figura 2. Mapa de localização dos pontos georreferenciados nos municípios estudados, na Mesorregião Oeste Potiguar estado brasileiro do Rio Grande do Norte.
Fonte: Autoria própria (2021).

Cada ponto foi analisado com relação a sua nota frente a todos os parâmetros avaliados, por meio do software Excel, a somatória e as porcentagens foram inseridas na tabela de atributos do shapefile e, em seguida, uma equação linear de regressão foi usada para verificar o percentual de aceitação de cada ponto escolhido, em comparação aos pontos de eólicas já instaladas ou em fase de implantação na região.

2.2.1 Parâmetros ambientais

Os procedimentos para avaliação dos indicadores de impactos ambientais foram escolhidos com base nos critérios estabelecidos pelo Código Florestal (Brasil, 2012) e pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (Brasil, 2014). A legislação ambiental define os impactos dos parques eólicos, a depender do seu porte, localização e baixo potencial poluidor.

Os parques eólicos não serão considerados de baixo impacto quando estiverem localizados: em formações dunares, planícies fluviais e de deflação, mangues e demais áreas úmidas; na Zona Costeira e implicar alterações significativas das suas características naturais;

em zonas de amortecimento de unidades de conservação de proteção integral (Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural e Refúgio de Vida Silvestre), adotando-se o limite de 3 km (três quilômetros) a partir do limite da unidade de conservação, cuja zona de amortecimento não esteja ainda estabelecida; em locais em que gerem impactos socioculturais diretos que impliquem inviabilização de comunidades ou sua completa remoção; em áreas de ocorrência de espécies ameaçadas de extinção e áreas de endemismo restrito, conforme listas oficiais (Brasil, 2014).

Partindo desse pressuposto, os parâmetros escolhidos foram a vegetação, solo, atividades econômicas (sem considerar empreendimentos eólicos já instalados) e proximidade de áreas de proteção (dunas, manguezais, restinga e corpos hídricos) e centros urbanos. Para os três primeiros foram consideradas as localizações, enquanto para os dois últimos também foram consideradas as distâncias de quatro *buffers* multi-anéis de 1,5 km a partir do ponto central. Deste modo, foi criado um modelo simples baseado em um cálculo para predizer pontos com menor risco de causar impactos ambientais, representados pelas maiores pontuações.

Para o cálculo de impactos ambientais cada classe pré-selecionada teve sua nota mínima e sua nota máxima, com base no estudo de Almeida *et al.* (2019), e dispostos na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação e peso dos parâmetros socioambientais considerados no estudo de predição de áreas potenciais para a instalação de usinas eólicas

Classes	1	2	3	4	5
Vegetação	Savana Estépica Arbórea com palmeiras	Savana Estépica Arbórea	Savana Estépica Herbácea	Solo Exposto	Não se enquadra
Solo	Gleissolo Sálico	Latossolo Amarelo	Latossolo Vermelho-Amarelo	Cambissolo Háplico	Não se enquadra
Atividades econômicos	Salina	Agricultura Permanente	Agricultura Sazonal	Agropecuária	Não se enquadra
Áreas de proteção (dunas, manguezais, restinga e corpos hídricos)	0 km	0 > 1,5 km	1,5 > 3,0 km	3,0 > 4,5 km	acima de 4,5 km
Centro Urbano	0 km	0 > 1,5 km	1,5 > 3,0 km	3,0 > 4,5 km	acima de 4,5 km

Fonte: Autoria própria (2021).

Os pontos foram somados conforme os parâmetros acima e suas porcentagens foram definidas por meio da equação abaixo:

$$y\% = 5x - 25 \quad (2)$$

Onde, y é a porcentagem, e x é a somatória por ponto.

2.2.2 Interpolação de dados

Dentre os métodos existentes, está o Interpolador *IDW*, um método determinístico que estima números mínimos e máximos de pontos vizinhos (De Vargas *et al.*, 2018) e, apesar, de considerar apenas distâncias euclidianas, o método tem sido bastante utilizado em interpolações que apresentam poucos pontos de controle, com resultados satisfatórios de precisão na previsão de informações, em especial, climatológicas (Martins; Alves; Damaceno, 2019).

A Interpolação *IDW* foi o método escolhido para espacializar a porcentagem dos pontos e permitir que estes sejam visualizados. A Interpolação espacial é um procedimento para se estimar valores de propriedades de locais não amostrados, baseando-se em valores de dados observados em locais conhecidos (Pavão *et al.*, 2011).

Os dados obtidos por meio do modelo espacial multicritério foram interpolados, reclassificados em 6 classes, vetorizados e cruzados com os dados de empreendimentos eólicos existentes em Areia Branca, Grossos, Porto do Mangue, Serra do Mel e Tibau, municípios da Mesorregião Oeste Potiguar do Rio Grande do Norte.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os solos observados na área de estudo foram gleissolo sálico, latossolo amarelo, latossolo vermelho-amarelo e cambissolo háplico, dentre eles, o cambissolo e o latossolo vermelho-amarelo possuem maior potencial para a implantação dos aerogeradores (Figura 03). Isto porque o gleissolo possui lençol freático próximo à superfície, resultando em períodos de alagamento, para o seu uso, precisam ser drenados e corrigidos (De Oliveira Neto; Silva, 2011).

O latossolo amarelo costuma ser encontrado em regiões de Tabuleiros Costeiros, em encostas acidentadas e elevações, profundo, bem drenado, de fácil manejo e mecanização em áreas com relevo plano e suave, principalmente quando não são coesos, porém, possui risco de degradação pela erosão hídrica, principalmente em locais com relevo acidentado (Dos Santos; Zaroni; Almeida, 2011).

O latossolo vermelho-amarelo é encontrado em locais bem drenados e profundos, permite mecanização agrícola, é suscetível à erosão, e podem apresentar fragmentos de rocha na sua superfície (Almeida; Dos Santos; Zaroni, 2011).

Já o cambissolo é constituído por material mineral no horizonte B, fortemente drenados, rasos a profundos, porém pode estar sujeito a inundações (Jarbas *et al.*, 2010).

A vegetação observada, por meio da base cartográfica, foi classificada em savana estépica arborizada com palmeiras, arborizada e parque (IBGE, 2012), enquanto os valores do NDVI (entre 0 a 0,2) mostraram o solo exposto.

Segundo o Sistema Oficial da Classificação da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012), a savana estépica compreende a Caatinga do sertão árido, classificada como arborizada quando possui um estrato arbustivo-arbóreo, esparso, com um inferior gramíneo-lenhoso, dito com palmeiras, quando associada a carnaúbas (*Copernicia prunifera*). A savana estépica parque apresenta características fisionômicas com arbustos e pequenas árvores como pau-branco (*Auxemma oncocalyx* (Allemão) Baill.), mofumbo (*Combretum leprosum* Mart.) e pereiro (*Aspidosperma pyrifolium* Mart.). Portanto, a instalação de empreendimentos eólicos nestas áreas significa supressão de vegetação nativa e perda de hábitat para a fauna silvestre (Figura 4).

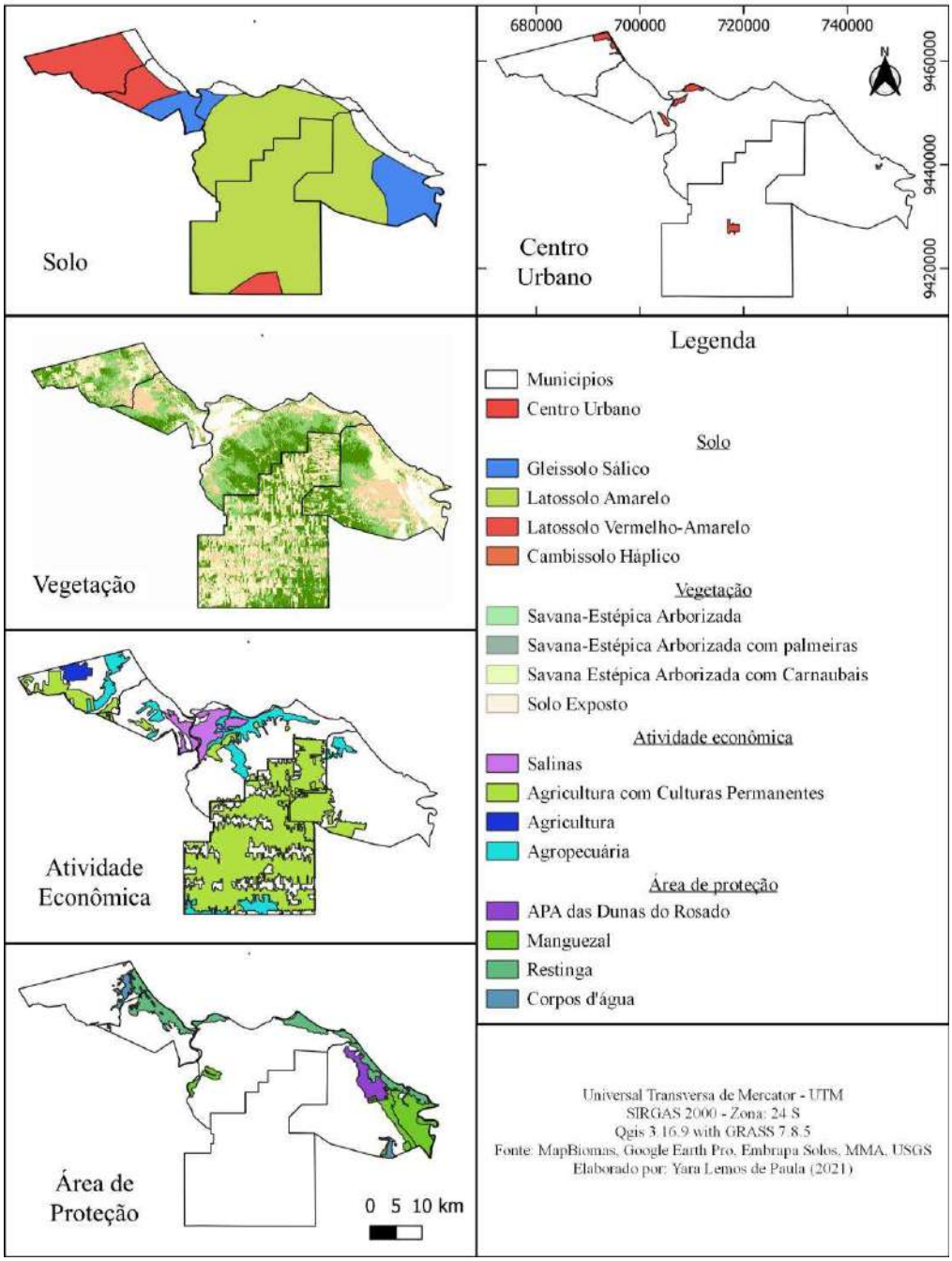


Figura 3. Mapa dos parâmetros ambientais encontrados nos municípios estudados, na Mesorregião Oeste Potiguar do estado brasileiro do Rio Grande do Norte.
Fonte: Autoria própria (2021).

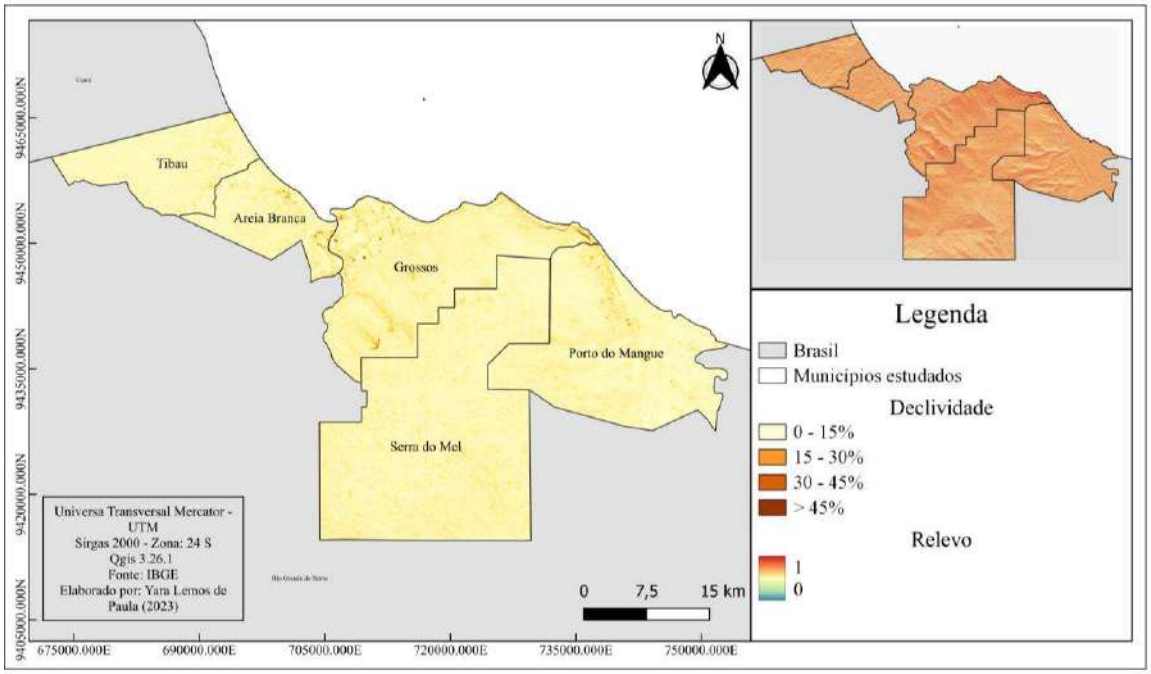


Figura 4. Mapa do relevo e declividade dos municípios estudados, na Mesorregião Oeste Potiguar do estado brasileiro do Rio Grande do Norte.
Fonte: Autoria própria (2023).

As atividades econômicas mais presentes na região são salinas, agricultura com culturas permanentes, agricultura e agropecuária. Segundo Vieira e Fernandes (2020), é interessante conciliar a geração de energia com a conservação do meio ambiente, por meio do uso de áreas já antropizadas.

Para os referidos autores, a zona salineira da região possui um potencial eólico satisfatório, no entanto, é necessário considerar as implicações quanto a corrosão proveniente da exposição à alta concentração de sal marinho (Da Silva, 2018) e às características do empreendimento (tanques de sal e água). Esta questão poderia ser solucionada a partir da utilização de torres eólicas pré-moldadas de concreto, como proposto por Souza *et al.* (2015) para as instalações *offshore*.

Quanto à agricultura, Sobrinho Júnior, De Morais e Da Silva (2020) apontam não haver relatos de perda de produção pelo efeito sombra ou temperatura provocada pelos aerogeradores, no entanto, é importante destacar que para a inserção do empreendimento em áreas já consolidadas, como é o caso de agricultura com culturas permanentes, há a necessidade de retirada de vegetação para abertura de área, ao contrário da agricultura com culturas temporárias. No caso da agropecuária, este consórcio agrega vantagens como a promoção de redução da pegada de carbono para ambas as atividades e de desenvolvimento sustentável (Liu *et al.*, 2021).

Como já mencionado anteriormente, os empreendimentos eólicos não inseridos e, de preferência, distantes de formações dunares, planícies fluviais e de deflação, mangues e demais áreas úmidas poderiam ser consideradas de baixo impacto ambiental (BRASIL, 2014). Isto ocorre, pois, as formações pioneiras (dunas) e vegetações com influência marinha (restinga) e fluviomarinha (mangues) estão comumente localizadas ao redor de depressões aluviais (corpos hídricos) e em terrenos instáveis (IBGE, 2012), com grande concentração de vida fluviomarinha, portanto, neste estudo, foram identificadas e tratadas como "Áreas de Proteção". Porém, é importante ressaltar que, recentemente, há previsão para instalação de um complexo eólico próximo à Área de Proteção Ambiental das Dunas do Rosado, a qual terá o EIA/RIMA discutido em audiência pública (Idema, 2021).

Além disso, segundo Han *et al.* (2009), a geração de ruídos de aerogeradores são imperceptíveis a partir de 1 km de distância, a depender das condições do vento, além disso, espaços abertos, como pastagens com pouca atividade humana dificilmente causam poluição visual. A partir da somatória dos critérios comentados e pré-estabelecidos foram identificadas as localidades com maior potencial para instalação de aerogeradores, com um menor impacto ambiental (Tabela 2).

Tabela 2. Porcentagens (%) obtidas a partir da somatória dos critérios escolhidos por ponto

Ponto	Solo	Vegetação	Atividades econômicas	Área de proteção	Centros urbanos	Total	%
1	3	5	4	3	2	17	60,0
2	3	5	2	5	5	20	75,0
3	5	5	5	1	2	18	65,0
4	3	2	5	5	5	20	75,0
5	3	2	5	2	5	17	60,0
6	5	5	5	1	2	18	65,0
7	3	5	2	5	5	20	75,0
8	5	5	5	1	3	19	70,0
9	3	2	5	2	5	17	60,0
10	3	2	5	3	5	18	65,0
11	5	5	1	1	4	16	55,0
12	1	2	5	5	5	18	65,0
13	1	5	5	2	1	14	45,0
14	1	5	1	2	2	11	30,0
15	5	5	1	2	2	15	50,0
16	2	2	5	4	5	18	65,0
17	2	5	2	5	5	19	70,0
18	2	5	4	4	5	20	75,0
19	2	5	5	5	5	22	85,0
20	5	5	5	1	5	21	80,0
21	2	2	5	2	5	16	55,0
22	2	5	2	5	5	19	70,0

23	2	2	5	5	5	19	70,0
24	2	5	2	5	2	16	55,0
25	2	2	5	5	5	19	70,0
26	2	5	2	5	5	19	70,0
27	2	5	2	5	5	19	70,0
28	2	2	5	5	5	19	70,0
29	2	5	2	5	5	19	70,0
30	2	5	4	2	5	18	65,0
31	2	2	5	3	5	17	60,0
32	2	2	5	2	5	16	55,0
33	1	5	5	1	3	15	50,0
34	5	5	5	1	2	18	65,0
35	1	5	5	1	5	17	60,0

Fonte: Autoria própria (2021).

As localidades estudadas apresentaram entre 60,1% e 85% de potencial para mitigação dos impactos ambientais descritos no CONAMA (Brasil, 2014), onde 85% representou a área com maior potencial para reduzir impactos ambientais, está inserida em latossolo amarelo, não presente em vegetação nativa do bioma Caatinga (arbórea com carnaúbas, arbórea ou herbácea) e em áreas com atividades econômicas (salinas, agricultura permanente ou sazonal, e agropecuária), e a mais de 4,5 km de distância de centros urbanos e de áreas de proteção ambiental (dunas, manguezais, restinga e corpos hídricos). Enquanto 30% a 60% representaram as áreas com menor potencial de reduzir tais impactos, incluem áreas em gleissolo sálico, com salinas e até 1,5 km de distância de áreas de proteção e centros urbanos.

No estudo, observou-se que 77,14% (N=27) dos pontos, com área total de 1.381,07 ha, apresentaram entre 60% e 85% de potencial para evitar os impactos ambientais provenientes de aerogeradores. Observou-se que o modelo se adequou ao uso proposto, e identificou que e potencial para evitar os impactos ambientais provenientes de aerogeradores. Onde, Tibau (25,93%) apresenta-se como o município mais promissor para a implantação de empreendimentos eólicos, seguido dos municípios de Serra do Mel (22,22%), Areia Branca (18,52%), Porto do Mangue (18,52%) e Grossos (14,81%).

Na interpolação dos dados por parâmetro ambiental (solo, vegetação, atividades econômicas, área de proteção e centro urbano) é possível observar, por meio da colorimetria verde e amarelo, os locais com características mais propícias à redução de impactos ambientais, em contrapartida, as cores salmão e vermelho demonstram áreas com características com maior susceptibilidade à degradação, isto significa que estes locais devem ser evitados para a implantação de futuros empreendimentos eólicos (Figura 5).

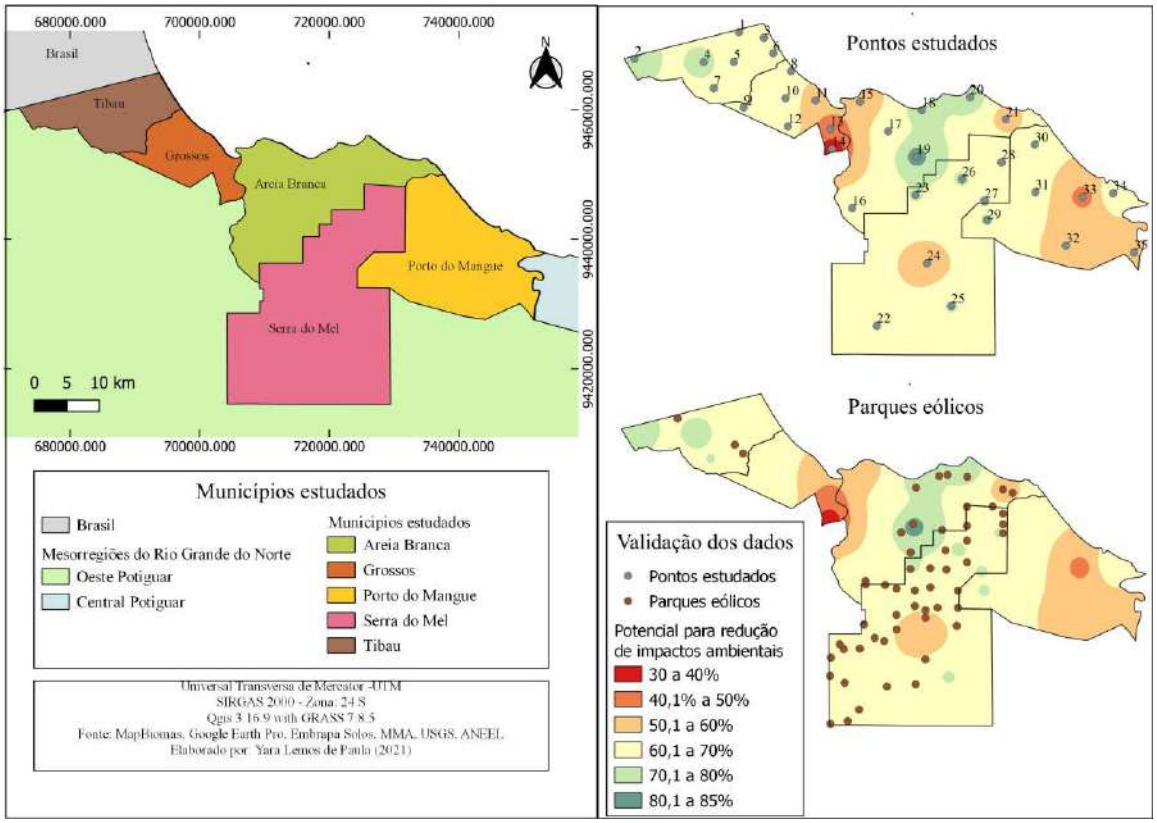


Figura 5. Interpolação das porcentagens e validação dos pontos estudados.
Fonte: Autoria própria (2021).

Ao cruzar os dados dos pontos estudados e os pontos de eólicas em fase de instalação e operação nos municípios estudados do Oeste Potiguar, observando o município de Serra do Mel, com a maior quantidade de eólicas instaladas, analisou-se que estes empreendimentos optaram pelas áreas com porcentagens no intervalo de (60,1 a 70%), com 1.122,99 ha, (70,1 a 80%) com 151,73 ha, e (80,1 a 85%) com 6,35 ha.

Assim, verifica-se que o modelo construído se tornou adequado, pois os parques eólicos estão, em sua maioria (88,9%), muito próximos às áreas marcadas pelas médias e altas porcentagens encontradas. Sendo Serra do Mel, o município com o maior número de eólicas, seguido de Areia Branca, e com áreas potenciais para exploração nos cinco municípios estudados, em especial, Tibau.

Segundo entrevista de Andrade (2021) a Jaime Calado, atual secretário de desenvolvimento econômico do Rio Grande do Norte, o Estado possui 194 parques eólicos funcionando, com cerca de 20 a 50 aerogeradores por empreendimento. Destes, 63 estão instalados nos municípios estudados, com 69,84% em Serra do Mel (N=44), 20,63% em Areia Branca (N=13), 7,94% em Tibau (N=5) e 1,59% em Grossos (N=1) (ANEEL, 2021) (Figura 6).

Figura 6. Região de Areia Branca e Serra do Mel com empreendimentos eólicos.
Fonte: Google Earth (2021).

O uso da interpolação *IDW* foi efetivo para facilitar a observação e validação de dados multicritérios. De acordo com Pavão *et al.* (2011), técnicas de interpolação facilitam a interpretação, discussão e geração de informações de forma rápida e precisa, permitindo avaliar a espessura crustal da Bacia do Paraná.

Para De Vargas *et al.* (2018), este método possibilitou a modelagem dos parâmetros hidráulicos hidrogeológicos como direções de fluxo subterrâneo e indicou capacidade de explotação, possibilitando reconhecer algumas condições de contorno do aquífero e gerar mapas hidrogeológicos paramétricos representativos.

O método de *IDW* é muito usado nas ciências climáticas. Diversos estudos usam para interpolação para fornecer dados de entrada para modelos hidrológico, climático e outros. Martins *et al.* (2019) experimentaram o uso do método para dados de temperatura, e constataram que o método *IDW* é o mais preciso na previsão de informações para locais onde não existem estações meteorológicas ou postos de monitoramento instalados.

Com este modelo, Almeida *et al.* (2019) definiram zonas de aptidão da microrregião de Mossoró para implantação de usina solar fotovoltaica, delimitando áreas potenciais nos municípios de Mossoró, Baraúna, Areia Branca, Grossos, Tibau e Serra do Mel.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo utilizado na presente pesquisa identificou áreas potenciais para implantação de aerogeradores em cinco municípios da Costa Branca, no RN, com o intuito de prevenir impactos ambientais.

Conforme o modelo espacial multicritério e por meio das geotecnologias, Tibau (25,93%) apresenta-se como o município mais promissor e adequado para implantação de aerogeradores visando a redução dos impactos ambientais e, consequentemente, ao desenvolvimento sustentável, devido às características do seu solo, a vegetação, as atividades econômicas agregadas ao negócio e ao distanciamento de áreas de proteção e do centro urbano, seguido dos municípios de Serra do Mel (22,22%), Areia Branca (18,52%), Porto do Mangue (18,52%) e Grossos (14,81%), totalizando 1.281,07 ha.

Portanto, o modelo construído se tornou adequado para o uso proposto. Sendo assim, é de suma importância, que os empreendimentos futuros foquem em instalações nos pontos que apresentam médias e altas pontuações, e evitem locais com baixas pontuações. Para a instalação e implantação efetiva de aerogeradores, é importante cruzar estes e outros parâmetros gerados no SIG e coletados em campo por profissionais habilitados, bem como incluir na análise outros critérios, tais como: fluxo laminar, considerando além do relevo as áreas mais arbóreas, dados relativos ao vento, rota de aves migratórias e rotas de morcegos.

Além disso, para a ampliação deste estudo aconselha-se (i) realizar análise antes da instalação dos aerogeradores nos municípios estudados; (ii) incluir informações de altimetria e declividade, considerando estudos que apontam que os parques não devem ser instalados em locais com declividade superior a 30%; (iii) considerar outros critérios importantes na obtenção da licença ambiental junto aos órgãos responsáveis; (iv) criação de uma ferramenta que auxilie os profissionais em campo, possibilitando a atualização das informações com dados coletados *in locu*.

5 AGRADECIMENTOS

Aos professores do Curso de Especialização em Geoprocessamento e Georreferenciamento (CEGG) pelo apoio e pelos esforços realizados para concluir as atividades do curso, mesmo em tempos de pandemia.

REFERÊNCIAS

ABEEÓLICA. **Boletim anual dados 2020**. Bela Vista: ABEEólica, 2020. Disponível em: http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2021/06/PT_Boletim-Anual-de-Gera%C3%A7%C3%A3o_2020.pdf. Acesso em: 15 de julho de 2021.

AGRA NETO, J.; QUEIROZ, F. C. B. F.; QUEIROZ, J. V.; LIMA, N. C.; DA SILVA, C. L. Evolução e perspectivas do setor eólico no Brasil: análise dos principais estados produtores. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 13, n. 4, p. 1409-1432, out./dez. 2020. DOI: https://doi.org/10.17765/2176-9168.2020v13n4p1409-1432.

ALMEIDA, E. DA P. C.; DOS SANTOS, H. G.; ZARONI, M. J. Latossolos vermelhos-amarelos. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**, 2011. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000g05ip3qr02wx5ok0q43a0r3t5vjo4.html. Acesso em: 30 de agosto de 2021.

ALMEIDA, J. M. A.; ROCHA, E. P.; SILVA, P. C. M. **Determinação de zonas de aptidão para implantação de usinas solares fotovoltaicas, utilizando técnicas de geoprocessamento.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Geoprocessamento e Georreferenciamento) - Universidade Federal Rural do Semi Árido, Mossoró-RN, 2019.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507.

AMARAL, B. M. **Modelos varx para geração de cenários de vento e vazão aplicados à comercialização de energia**. 2012. Dissertação (Mestrado em Energia Elétrica) - PUC-RIO, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/colecao.php?strSecao=resultado&nrSeq=19308@1. Acesso em: 10 de julho de 2021.

AMARO, V. E.; ARAÚJO, A.B. Análise multitemporal da morfodinâmica da região costeira setentrional do Nordeste do Brasil entre os municípios de Grossos e Tibau, estado do Rio Grande do Norte. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 8, n. 2, p. 77-100, 2008. Disponível em: https://www.redalyc.org/pdf/3883/388340124007.pdf. Acesso em: 26 de julho de 2021.

ANDRADE, H. Fontes do desenvolvimento: por posição geográfica, RN atrai empresas de energia eólica e descentraliza investimentos no estado. **G1**, 2021. Disponível em: https://g1.globo.com/rn/rio-grande-do-norte/noticia/2021/04/30/fontes-do-desenvolvimento-por-posicao-geografica-rn-atrai-empresas-de-energia-eolica-e-descentraliza-investimentos-no-estado.ghtml. Acesso em: 04 de outubro de 2021.

ANEEL. Capacidade instalada em 2021 supera 1 gigawatt; eólicas são o destaque pelo quarto mês seguido. **ANEEL**, 2021. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset_publisher/zXQREz8EVlZ6/content/capacidade-instalada-em-2021-supera-1-gigawatt-eolicas-sao-o-destaque-pelo-quarto-mes-seguido/656877?inheritRedirect=false&redirect=http:%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fsala-de-imprensa-exibicao-2%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_zXQREz8EVlZ6%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state

%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_pos%3D1%26p_p_col_count%3D3. Acesso em: 05 de julho de 2021.

ANEEL. Sistema de Informações Geográficas do Setor Elétrico. **ANEEL**, 2021. Disponível em: https://sigel.aneel.gov.br/portal/home/index.html. Acesso em: 05 de agosto de 2021.

ARAÚJO, M. A.; AZEVEDO, F. F. A produção de energia eólica no Estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil: um olhar sobre o uso do território pelas corporações espanholas Iberdrola e Gestamp. *In*: ZAAR, M. H.; VASCONCELOS JUNIOR, Magno; CAPEL, H. (Editores). **La electricidad y el territorio. Historia y futuro**. Barcelona: Universidad de Barcelona/Geocrítica, 2017. Disponível em: http://www.ub.edu/geocrit/IVSimposio/Araujo.pdf. Acesso em: 01 de julho de 2021.

BRASIL. Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da União**: Brasília, ano 124, 28 mai. 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: 06 de julho de 2021.

BRASIL. **Resolução n° 462, de 24 de julho de 2014**. Estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fonte eólica em superfície terrestre. Brasil: CONAMA, 2014. Disponível em: https://www.areaseg.com/bib/05%20-%20Resolucoes%20CONAMA/2014/462-2014.pdf. Acesso em: 05 de julho de 2021.

BROWN, K. B. Wind power in northeastern Brazil: Local burdens, regional benefits and growing opposition. **Climate and development**, v. 3, n. 4, p. 344-360, 2011. DOI: https://doi.org/10.1080/17565529.2011.628120.

CARDOSO, A. T. A. **Aplicação da geotecnologia para identificar possíveis áreas ambientais do Município de Belém, Pará, Brasil**. 2019, 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Belém, 2019. Disponível em: http://bdta.ufra.edu.br/jspui/bitstream/123456789/381/1/APLICA%C3%87%C3%83O%20DA%20GEOTECNOLOGIA%20PARA%20IDENTIFICAR%20POSS%C3%8DVEIS%20%C3%81REAS%20AMBIENTAIS.pdf. Acesso em: 14 de agosto de 2021.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA AS ENERGIAS SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE S. BRITO - CRESESB. Tutotial de Energia Eólica. **CRESESB**, 2017. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=201. Acesso em: 09 de maio de 2021.

COSERN-ANEEL. **Potencial eólico do estado do Rio Grande do Norte**. RN: Iberdrola/Camargo Schubert, 2003. Disponível em: https://www.passeidireto.com/arquivo/36665887/atlas-eolico-rn. Acesso em: 22 de junho de 2021.

DE OLIVEIRA NETO, M. B.; DA SILVA, M. S. L. Gleissolos. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**, 2011. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CONT000gt7eon7k02wx7ha087apz2kfhpkns.html. Acesso em: 30 de agosto de 2021.

DINIZ, M.T.M.; PEREIRA, V.H.C. Climatologia do estado do Rio Grande do Norte, Brasil: sistemas atmosféricos atuantes e mapeamento de tipos de clima. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 35, n. 3, p. 488-506, 2015. DOI: https://doi.org/10.5216/bgg.v35i3.38839.

DO AMARANTE, O. A. C; BROWER, M.; ZACK, J.; DE SÁ, A. L. **Atlas do potencial eólico brasileiro**. Brasília: Camargo Schubert/Truewind Solutions/MME/ELETROBRÁS/CEPEL/CRESESB, 2001. Disponível em: http://cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf. Acesso em: 05 de julho de 2021.

DA SILVA, L. M.; DE ABREU-HARBICH, L. V. Metodologia simplificada para avaliação do potencial de energia eólica em centros urbanos. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 8, n. 1, p. 46-58, mar. 2017. DOI: http://dx.doi.org/10.20396/parc.v8i1.8648501.

DOS SANTOS, H. G.; ZARONI, M. J.; ALMEIDA, E. DE P. C. Latossolos amarelos. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**, 2011. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000fzyjaywi02wx5ok0q43a0r58asu5l.html. Acesso em: 30 de agosto de 2021.

EMBRAPA. Mapa de Solos do Brasil - escala 1:5 milhões. **Forest-gis**, 2011. Disponível em: https://forest-gis.com/download-gis-base-de-dados/. Acesso em: 05 de junho de 2021.

EUGENIO, F. C.; SANTOS, A. R.; LOUZADA, F. R. O.; PIMENTE, L. B.; MOULIN, J. V. Identificação das áreas de preservação permanente no município de Alegre utilizando geotecnologia. **Cerne**, v. 17, n. 4, p. 563-571, 2011. DOI: https://doi.org/10.1590/S0104-77602011000400016.

FERREIRA, F.; CAMACHO, R. GUIMARÃES, R. Percepção dos impactos socioambientais da implantação de parques eólicos na comunidade de Ponta do Mel, Areia Branca/RN. **Geosul**, v. 34, n. 73, p. 262-279, 2019. DOI: http://doi.org/10.5007/1982-5153.2019v34n73p262.

FERREIRA, T. V. B. *et al.* **Roadmap Eólica Offshore Brasil**: perspectivas e caminhos para a energia eólica marítima. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, 2020. 140p. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-456/Roadmap_Eolica_Offshore_EPE_versao_R2.pdf. Acesso em: 21 de agosto de 2021.

GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL - GWEC. **Global wind statistics 2020**, 2021. Disponível em: https://gwec.net/wp-content/uploads/2021/03/GWEC-Global-Wind-Report-2021.pdf. Acesso em: 21 de agosto de 2021.

GOOGLE. Google Earth Pro. **Google**, 2021. Disponível em: https://www.google.com.br/earth/download/gep/agree.html. Acesso em: 15 de agosto de 2021

HAN, J.; MOL, A. P. J.; LU, Y.; ZHANG, L. Onshore wind power development in China: Challenges behind a successful story. **Energy Policy**, v. 37, n. 8, p. 2941-2951, 2009. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.03.021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Cidades e estados. **IBGE**, 2020. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rn/tibau.html. Acesso em: 27 de julho de 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2 ed. Rio de Janeiro: Manuais técnicos em geociências, 2012. 124 p. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf. Acesso em: 30 de agosto de 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Portal de mapas. **IBGE**, 2020. Disponível em: https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#homepage. Acesso em: 10 de agosto de 2021.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE - IDEMA. Nova Audiência pública apresenta EIA/RIMA para complexo de energia. **IDEMA**, 2021. Disponível em: http://www.idema.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=270574&ACT=&PAGE=0&PARM=&LBL=ACERVO+DE+MAT%C9RIAS. Acesso em: 03 de outubro de 2021.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE - IDEMA. Perfil do seu município. **IDEMA**, 2008. Disponível em: http://www.idema.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=PASTAC&TARG=875&ACT=&PAGE=4&PARM=&LBL. Acesso em: 07 de agosto de 2021.

JARBAS, T.; SÁ, I. B.; PETRERE, V. G.; TAURA, T. A. Cambissolos. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**, 2010. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma_caatinga/arvore/CONT000g798rt3o02wx5ok0wtedt3n5ubswf.html. Acesso em: 30 de agosto de 2021.

LIU, P.; LIU, L.;XU, X.; ZHAO, Y; NIU, J.; ZHANG, Q. Carbon footprint and carbon emission intensity of grassland wind farms in Inner Mongolia. **Journal of Cleaner Production**, v. 313, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127878.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. Projeto MapBiomas – Coleção 6.0 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil. **MAPBIOMAS**, 2020. Disponível em: https://mapbiomas.org/. Acesso em 10 de agosto de 2021.

MARTINS, A. P.; ALVES, W. DOS S.; DAMASCENO, C. E. Avaliação de métodos de interpolação para espacialização de dados de temperatura do ar na bacia do Rio Paranaíba - Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 25, n. 15, 2019. DOI: https://doi.org/10.5380/abclima.v25i0.

MENEZES, S. J. M. C.; DOMINGUES, G. F.; LIMA, C. A.; LANA, V. M.; RIBEIRO, C. A. A. S.; LIMA, C. A. Educação ambiental: utilização de geotecnologias na disseminação da percepção ambiental. **Revbea**, v. 7, p. 21-28, 2012. DOI: https://doi.org/10.34024/revbea.2012.v7.1734.

NERI, M.; JAMELI, D.; BERNARD, E.; MELO, F. P. L. Green versus green? Adverting potential conflicts between wind power generation and biodiversity conservation in Brazil,

Perspectives in Ecology and Conservation, v. 17, n. 3, p. 131-135, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.pecon.2019.08.004.

OLIVEIRA, M. F. B. de; OLIVEIRAR, L. C. S. **Sustentabilidade das usinas eólicas na região do Polo Costa Branca Potiguar**. 2019. Trabalho de conclusão de curso - Ciência e Tecnologia, UFERSA, Mossoró, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/4738. Acesso em: 02 de agosto de 2021

PAVÃO, C. G., ROIG, H. L., MENEZES, P. H. B. J., FRANÇA, G. S. L. A., ALVES, R. R. Metodologias de interpolação espacial aplicada a dados de espessura crustal na Bacia do Paraná. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR, 15., 2011, Curitiba. **Anais** [...] Curitiba: 2011, p. 3435-3442. Disponível em: http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.07.12.13/doc/p1233.pdf. Acesso em: 22 de agosto de 2021.

QGIS. Geographic Information System - QGIS: um sistema de informação geográfica livre e aberto. **QGIS**, 2020. Disponível em: https://qgis.org/pt_BR/site/. Acesso em: 06 de março de 2021.

OPEN STREET MAP. Complementos. **QGIS**, 2021.

DE SALIS, H. H. C.; DA COSTA, A. M.; VIANA, J. H. M. Análise do uso e ocupação do solo nas APP de curso d'água da bacia do córrego Marinheiro por meio de NDVI aplicado em imagens Landsat 8 e Ikonos-II. **Geografias**, Belo Horizonte, v. 22, p. 40-53, 2016. Disponível em: http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/166906/1/Analise-uso.pdf. Acesso em: 30 de agosto de 2021.

SILVA, A. L. B. **Análise socioambiental da orla marítima nos municípios de Tibau e Grossos (RN).** 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) - Universidade Estadual do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2016. Disponível em: https://www.uern.br/controledepaginas/mestrado-dissertacoes-defendidas/arquivos/2212andre_luiz.pdf. Acesso em: 02 de agosto de 2021.

DA SILVA, R. G. **Estudo do efeito de intempéries regionais na deterioração de pás eólicas**. 2018. 85f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018. Disponível em: https://1library.org/document/qod0x8mz-estudo-do-efeito-intemperies-regionais-deterioracao-pas-eolicas.html. Acesso em: 31 de outubro de 2021.

SOBRINHO JÚNIOR, M. F.; DE MORAIS, E. R. C.; DA SILVA, P. C. M. Soil use and occupation of wind farm agricultural areas. **Mercator**, Fortaleza, v. 19, oct. 2020. DOI: https://doi.org/10.4215/rm2020.e19030.

SOUZA, L. A. S.; CHASTRE, C.; LUCIO, V. J. G.; SOUZA, S. T. M. Comportamento dinâmico de torres treliçadas em concreto armado para turbinas eólicas offshore. *In*: CONGRESSO DE MÉTODOS NUMÉRICOS EM ENGENHARIA, 2015, Lisboa. **Anais** [...], Lisboa: 2015. Disponível em: https://docentes.fct.unl.pt/sites/default/files/cmcr/files/souza2015chlusu.pdf. Acesso em: 03 de outubro de 2021.

USGS. Earth Explorer. **USGS**, 2021. Disponível em: https://earthexplorer.usgs.gov/. Acesso em: 15 de agosto de 2021.

DE VARGAS, T.; GOMES, M. G.; BELLADONA, R.; ADAMI, M. V. D. Aplicação do Interpolador IDW para Elaboração de Mapas Hidrogeológicos Paramétricos na Região da Serra Gaúcha. **Scientia cum Industria**, v. 6, n. 3, pp. 38-43, 2018. DOI: http://dx.doi.org/10.18226/23185279.v6iss3p38.

VIEIRA, A. S. V.; FERNANDES, T. V. **Análise preliminar do potencial eólico da região salineira do Rio Grande do Norte**. 2020. Trabalho de conclusão de curso - Ciência e Tecnologia, UFERSA, Mossoró, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/5007. Acesso em: 31 de agosto de 2021.

4 ANEXOS – Participação em Eventos

CERTIFICADO

Paulo Cesar Moura da Silva

Participou do **XXI CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA**,
realizado de 17 a 22 de Outubro de 2010 no Centro de Convenções de Natal/RN.

Participou como moderador da
Mesa Redonda IV Novas técnicas da agroinformática na fruticultura

Natal/RN, 22 de OUTUBRO de 2010.

José Luiz Petri
Presidente da SBF

Amilton Gurgel Guerra
Presidente do Evento

Promoção | Realização | Apoio | Organização

V GeoNordeste
V Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto

III Seminário de Geotecnologias

Geotecnologias e Interdisciplinaridade

Certificado

Certificamos que o trabalho intitulado UTILIZAÇÃO DE SUBTRAÇÃO DE IMAGEM E NDVI NO MONITORAMENTO DA COBERTURA VEGETAL NO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ-RN dos autores: Thiago Kennedy Gomes Costa, Débora Carla Barboza de Sousa, Glícia Pinto Barra Reinaldo, Paulo Cesar Moura da Silva, foi apresentado na forma de pôster, dia 08 de novembro de 2011, por ocasião do V GEONORDESTE e III SEMINÁRIO DE GEOTECNOLOGIAS, realizados no período de 06 a 10 de novembro de 2011.

Feira de Santana/BA, 08 de novembro de 2011.

Washington de Jesus Sant'Anna da Franca Rocha
Presidente

Ardemirio de Barros Silva
Coordenador Comissão Científica

Promoção e Realização

Apoio / Formento

Organização

PPGM 75.3161 8036

79.3243 0537

UERN

Universidade do Estado do Rio Grande do Norte
Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação
Centro de Estudos e Pesquisas do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Semiárido

CEMAD

V SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO

Tema central

EDUCAÇÃO AMBIENTAL E BIODIVERSIDADE

CERTIFICADO

Certificamos que **PAULO CÉSAR MOURA** participou, na qualidade de **AVALIADOR(A) DE BANNER**, do **V SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO** realizado no Hotel Villa Oeste/Mossoró-RN, nos dias 09 a 11 de dezembro de 2010.

Mossoró-RN, 11 de dezembro de 2010.

Pedro Fernandes Ribeiro Neto
Pró-reitor de Pesquisa e pós-graduação

Ramiro Gustavo Valera Camacho
Superintendente do CEMAD

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO

Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Certificado

Certificamos que o trabalho **Uso do sensoriamento remoto no monitoramento da cobertura vegetal dos últimos quinze anos no município de Mossoró-RN**, de autoria de **T.K.G. Costa, D.C. Barboza de Sousa, G.P.B. Reinaldo, P.C.M. da Silva**, foi apresentado no **XVII Seminário de Iniciação Científica – SEMIC**, realizado na Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA) no período de 24 a 26 de agosto de 2011.

TRABALHO APRESENTADO POR T.K.G. Costa

BOLSISTA DO PROGRAMA PIVIC/UFERSA (08/2010 a 07/2011)

Prof. Fábio Henrique Tavares de Oliveira
Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação da UFERSA

Prof. Alexandre Rodrigues Silva
Coordenador do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica da UFERSA

IV JORNADA GEOGRÁFICA

UERN - CAMEAM - DGE

LEITURAS GEOGRÁFICAS DOS SERTÕES DO NORDESTE

CERTIFICADO

Certificamos que **Paulo César Moura da Silva** apresentou o trabalho: **Diagnóstico geofísico da cidade de Martins-RN** no Espaço de Diálogo **Geografia Física Aplicada**, evento da IV JORNADA GEOGRÁFICA, realizada no período de 28 a 30 de maio de 2008 no Campus Avançado Maria Elisa de Albuquerque Maia - CAMEAM/ UERN.

Pau dos Ferros/RN, 30 de maio de 2008

Maria Anezilany G. do Nascimento
Coordenadora da IV Jornada Geográfica

Josué Alencar Bezerra
Subcoordenador do Curso de Geografia

IV JORNADA GEOGRÁFICA

UERN - CAMEAM - DGE

LEITURAS GEOGRÁFICAS DOS SERTÕES DO NORDESTE

CERTIFICADO

Certificamos que **Paulo César Moura da Silva**
apresentou o trabalho: Zoneamento ambiental das áreas de preservação permanente da cidade de Martins, RN
no Espaço de Diálogo **Geografia Física Aplicada**, evento da
IV JORNADA GEOGRÁFICA, realizada no período de 28 a 30 de maio de 2008
no Campus Avançado Maria Elisa de Albuquerque Maia - CAMEAM/ UERN.

Pau dos Ferros/RN, 30 de maio de 2008

Maria Anezilany G. do Nascimento
Coordenadora da IV Jornada Geográfica

Josué Alencar Bezerra
Subcoordenador do Curso de Geografia

CERTIFICADO

Certifico que Paulo César Moura Da Silva participou como coautor do trabalho com o tema **Determinação Das Áreas De Preservação Permanente DE Dunas e Mangues na Região da Foz do Rio Apodi-Mossoró/RN**, no ENCONTRO INTERCONTINENTAL SOBRE A NATUREZA - O2009, que aconteceu no período de 09 a 13 de Novembro de 2009, em Fortaleza, Ceará.

Clodionor Carvalho de Araújo
Presidente do IHAB

Christina Bianchi
Coordenadora Ambiental

Realização

Instituto Hidroambiental Águas do Brasil

Reunião Regional da SBPC

Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência

Atestado

Atestamos que o(a) professor(a) **Paulo Cesar Moura da Silva**, participou como avaliador(a) de apresentação de trabalho do Pavilhão *Meio Ambiente, Agrárias e Saúde*, durante o XVI ENCOPE - Encontro de Pesquisa e Extensão da UERN, realizado durante a Reunião Regional da SBPC em Mossoró, de 14 a 16 de abril de 2010, na Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, RN, Brasil.

Mossoró, 16 de abril de 2010

Marco Antonio Raupp
Presidente da SBPC

Pedro Fernandes Ribeiro Neto
Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação

Francisco Vanderley de Lima
Pró-Reitor de Extensão

Ciência, Cultura e Compromisso Social
Semeando saberes

encontro de pesquisa e extensão
3 a 5 de outubro de 2007

Governo do Estado do Rio Grande do Norte
Secretaria de Estado da Educação e da Cultura - SEEC
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE - UERN
Pró-Reitoria de Extensão - PROEX
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação - PROPEG

CERTIFICADO

CERTIFICAMOS que o trabalho **ZONEAMEMENTO DAS ÁREAS DE PROTEÇÃO PERMENATE DOS RIOS E CÓRREGOS DA MESO REGIÃO OESTE POTIGUAR, UTILIZANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO** de autoria de **GABRIELLA CYNARA MINORA DA SILVA - Apresentador(a) e PAULO CESAR MOURA DA SILVA - Orientador(a)** foi apresentado no **IX Simpósio de Pesquisa e Extensão,** na categoria comunicação oral, realizado no XIV Encontro de Pesquisa e Extensão – **ENCOPE**, no período de 3 a 5 de outubro de 2007, na Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN.

Mossoró/RN, 05 de outubro de 2007.

Prof. Carlos Antonio López Ruiz
Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação

Profª. Ana Maria Morais Costa
Pró-Reitora de Extensão

Realização: PROEX PROPEG
Parceria: UFERSA
Apoio: PETROBRAS FAPERN TCM

Governo do Estado do Rio Grande do Norte
Secretaria de Estado da Educação e da Cultura - SEEC
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE - UERN
Pró-Reitoria de Extensão - PROEX
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação - PROPEG

CERTIFICADO

CERTIFICAMOS que o trabalho **MAPEAMENTO DAS ÁREAS ALAGADAS E DE SALINAS NA MESO REGIÃO OESTE POTIGUAR, UTILIZANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO** de autoria de **GABRIELLA CYNARA MINORA DA SILVA - Apresentador(a) e PAULO CESAR MOURA DA SILVA - Orientador(a)**, foi apresentado no **IX Simpósio de Pesquisa e Extensão**, na categoria painel, realizado no XIV Encontro de Pesquisa e Extensão – **ENCOPE**, no período de 3 a 5 de outubro de 2007, na Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN.

Mossoró/RN, 05 de outubro de 2007.

Prof. Carlos Antonio López Ruiz
Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação

Profª. Ana Maria Morais Costa
Pró-Reitora de Extensão

Realização: PROEX PROPEG
Parceria: UFERSA
Apoio: PETROBRAS FAPERN TCM

Reunião Regional da SBPC

Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência

Atestado

Atestamos que o(a) professor(a) **Paulo Cesar Moura da Silva**, participou como membro ad hoc na avaliação de resumos do Pavilhão *Meio Ambiente, Agrárias e Saúde*, durante o XVI ENCOPE - Encontro de Pesquisa e Extensão da UERN, realizado durante a Reunião Regional da SBPC em Mossoró, de 14 a 16 de abril de 2010, na Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, RN, Brasil.

Mossoró, 16 de abril de 2010

Marco Antonio Raupp
Presidente da SBPC

Pedro Fernandes Ribeiro Neto
Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação

Francisco Vanderley de Lima
Pró-Reitor de Extensão

Certificamos que, **Paulo Cesar Moura da Silva** participou do **XXIV CONEEAGRI / I SEEAGRI** (XXIV Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Agrícola / I Semana dos Estudantes de Engenharia Agrícola), realizados na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, no período de 1 a 5 de agosto de 2010, em Mossoró – RN, na qualidade de **PALESTRANTE** com título da palestra, **Uso sustentável dos recursos naturais pela engenharia agrícola**.

Mossoró – RN, 5 de agosto de 2010.

Joaquim Odilon Pereira
Coordenador do Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental

Hudson Salatiel Marques Vale
Coordenador Geral do XXIV CONEEAGRI

5 ANEXOS – Livros

V SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
De 09 a 11/12/2010 – Local: Hotel Vila Oeste – Mossoró-RN

COORDENAÇÃO GERAL
Prof. Dr. Ramiro Gustavo Valera Camacho

COORDENAÇÃO DE BIODIVERSIDADE
M.Sc. Antônio Queiroz Alcântara Neto

COORDENAÇÃO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL
M.Sc. José Ivanaldo Dias Xavier

COORDENAÇÃO DE SECRETARIA
M.Sc. Ismael Fernandes de Melo

ORGANIZADORES
Dr. Ramiro Gustavo Valera Camacho
M.Sc. Ismael Fernandes de Melo
M.Sc. José Ivanaldo Dias Xavier
M.Sc. Antônio Queiroz Alcântara Neto
Tec. Delvir Araújo da Silva

COLABORADORES
Eleneide Pinto Gurgel
Felipe Raoni dos Santos Freitas
Hiara Ruth da Silva Câmara
Igsson Ravan C. e Silva
Joilson Marques Ferreira Filho
Josiane Alves de Morais
Josiane Alves de Morais
Josiane Alves de Morais
Manoel Victor da Costa Carvalho
Maria Aparecida Nogueira Marques
Mara Libia Costa de Oliveira
Maria Valdglêsia de Mesquita
Ricardo Gonçalves Santos

AVALIADORES
Agassiel de Medeiros Alves
Alfredo Marcelo Grígio
Clarete Ribeiro
Cleberson de Oliveira Porpino
Cynthia Cavalcante de Albuquerque
Danielle Peretti
Iron Macedo Dantas
Isolda Ramalho
Jacimária Fonseca de Medeiros
Jorge Filho
José Ivanaldo Dias Xavier
Kathia Maria Barbosa e Silva
Maísa Clari Farias Barbalho de Medonça
Maria Helena de Freitas Câmara
Paulo César Moura da Silva
Rodrigo Guimarães de Carvalho
Suzaneide Ferreira de Souza

Catalogação da Publicação na Fonte.

S612 Simpósio Brasileiro Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Semiárido (5., 2010: Mossoró, RN.)

Educação ambiental e Biodiversidade, 09 a 11 de de dezembro de 2010 / Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró: PROPEG, 2012.

Online

ISBN: 978-85-7621-039-9

. Evento realizado pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte através do Centro de Estudos e Pesquisas do Meio Ambiente e Desenvolvimeno Regional do Semiárido - CEMAD

1. Educação ambiental. 2. Semiárido. 3. Biodiversidade. I. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. II.Título.

UERN/BC CDD 372.357

Bibliotecário: Sebastião Lopes Galvão Neto CRB 15 / 486

GEOTECNOLOGIA NO LEVANTAMENTO DE EXPLORAÇÃO LEGAL DE MADEIRA DA MICRORREGIÃO PAU DOS FERROS

A. A. M. MEDEIROS[1]
A. M. PRAXEDES[1]
D. K. P. COSTA[1]
F. C de M. FREITAS[1]
P. C. M. da SILVA[2]

[1] Graduandas do curso de Ecologia da Universidade Federal Rural do Semiárido. BR 110, Km 47, Mossoró, 59625-900, RN. amandaamm@hotmail.com; aryanepraxedes@hotmail.com; dany-praxedes@hotmail.com; nanda.defreitas@hotmail.com
[2] Professor Dr. do Departamento de Ciências Ambientais da Universidade Federal Rural do Semiárido. BR 110, Km 47, Mossoró, 59625-900, RN. paulo.moura@ufersa.edu.br

RESUMO

A caatinga é a única grande região natural brasileira cujos limites estão inteiramente restritos ao território nacional e também o mais importante tipo de vegetação que cobre o semiárido do Nordeste brasileiro. Devido ao uso inadequado dos recursos naturais, esse bioma vem sendo degradado por queimadas e desmatamento para retirada de lenha. No Nordeste, mais de 30% da matriz energética têm como base a lenha e a grande maioria da madeira vem de áreas sem planos de uso sustentável. Este estudo tem por finalidade realizar um levantamento dos dados oficiais sobre a exploração de produtos silvícolas na Microrregião Pau dos Ferros e aplicar os resultados a um Sistema de Informações Geográficas (SIG) para a especialização dos dados. Os municípios da microrregião apresentaram valor de exploração média de aproximadamente R$ 8,00/m^3 de lenha, R$ 745,38/ton. de carvão vegetal e R$ 14,38/m^3 de madeira em tora, valores considerados caros para a região semiárida. Foi constatado que se desmatou uma média de 0,93 m^3/km^2 de área de caatinga no ano de 2009, exclusivamente de lenha. A partir disto, foi constatado que há desmatamento na microrregião atribuído, provavelmente, às práticas não conservacionistas da exploração vegetal, podendo, a médio e longo prazo, representar um risco à cobertura vegetal dos municípios integrantes da Microrregião de Pau dos Ferros.

Palavras-Chave: Geoprocessamento; Caatinga; Recursos Naturais.

ABSTRACT

The caatinga is the only major natural region whose limits are entirely restricted to national territory, and also the most important type of vegetation that covers the semi-arid of the Brazilian northeastern. Due to hundreds of years of inadequate and unsustainable use of natural resources,

this biome has been degraded by hunting, forest burning and deforestation for removal of firewood. In the Northeast, over 30% of the energy matrix is based on firewood, and the vast majority wood comes from areas with no plans of sustainable use. This study aims to realize a survey of official data about the exploitation of forest products in the Microregion Pau dos Ferros and apply the information to a Geographic Information System (GIS) data for the specialization of the data. The municipalities of the microregion showed a value of average exploration approximately 8 R$/m3 of firewood, 745.38 R$/ton of charcoal and 14.38 R$/m3 of wood log, being these, high values for the region semi-arid. The same showed an average of 0.93 m3/km2 of area for the year 2009, exclusively of firewood. From this, found that there is deforestation in the microregion attributed, probably, to non-conservation practices of the vegetable exploration, may to medium and long term, represent a risk to vegetable cover of the municipalities studied.

INTRODUÇÃO

O termo "Caatinga" designa uma vegetação dominante que abrange quase todos os Estados do Nordeste e parte de Minas Gerais (FRANCA-ROCHA et al, 2007). Com 736.833 km², ocupa quase 10% do território nacional. Este bioma se estende pela totalidade do estado do Ceará (100%) e mais da metade da Bahia (54%), da Paraíba (92%), de Pernambuco (83%), do Piauí (63%) e do Rio Grande do Norte (95%), quase metade de Alagoas (48%) e Sergipe (49%), além de pequenas porções de Minas Gerais (2%) e do Maranhão (1%) (CAVALCANTE, 2006). É a única grande região natural brasileira cujos limites estão inteiramente restritos ao território nacional (LEAL et al, 2003), tornando-se assim, o mais importante tipo de vegetação que cobre o Semiárido do Nordeste Brasileiro (ARAÚJO FILHO et al, 2002).

A Caatinga apresenta fauna e flora únicas, formada por uma vasta biodiversidade, rica em recursos genéticos e de vegetação constituída por espécies lenhosas, herbáceas, cactáceas e bromeliáceas. Estima-se que pelo menos 932 espécies já foram registradas para a região, das quais 380 são endêmicas (FRANCA-ROCHA et al, 2007).

Velloso e colaboradores (2002) afirmam que a Caatinga é o mais negligenciado dos biomas brasileiros, nos mais diversos aspectos, embora sempre tenha sido um dos mais ameaçados devido às centenas de anos de uso inadequado e insustentável dos solos e recursos naturais. Apenas recentemente houve um despertar de diversos setores governamentais e não governamentais para a grave situação em que se encontra a caatinga, pois além da grande necessidade de conservação dos seus sistemas naturais, o bioma ainda é cientificamente pouco conhecido.

As principais causas da degradação ambiental na caatinga são a caça, as queimadas e o desmatamento para retirada de lenha. No Nordeste, mais de 30% da matriz energética tem a lenha

como base e a grande maioria da madeira vem de áreas sem planos de uso sustentável. (CAVALCANTE et al, 2006).

A microrregião Pau dos Ferros é uma das microrregiões do estado brasileiro do Rio Grande do Norte pertencente à mesorregião Oeste Potiguar (SILVA, 2010). Sua população foi estimada em 2010 pelo IBGE, em 114.231 habitantes, está dividida em dezessete municípios e possui uma área total de 2.674 km² (IBGE, 2010).

A utilização da geoinformação apresenta-se como umas das principais estratégias de monitoramento ambiental. A geotecnologia refere-se a um grupo de tecnologias de informações geograficamente referenciadas, ou seja, quando um atributo passa a conter uma informação espacial, ele tem uma localização e carrega consigo suas coordenadas. A partir destes elementos, meios são promovidos para a aquisição, processamento, interpretação e/ou análise de dados ou informações espacialmente referenciadas. (SILVA, 2009).

OBJETIVO

Este estudo tem por finalidade realizar um levantamento dos dados oficiais sobre a exploração de produtos silvícolas na Microrregião Pau dos Ferros e aplicar as informações a um Sistema de Informações Geográficas para a especialização dos dados. Servindo de instrumento para a avaliação do ritmo de desmatamento da caatinga na área levantada.

METODOLOGIA

O presente estudo foi desenvolvido na microrregião Pau dos Ferros, localizada na mesorregião Oeste Potiguar, composta por 17 municípios (Figura 1), sendo eles Severiano Melo, Rodolfo Fernandes, Itaú, Riacho da Cruz, Taboleiro Grande, Portalegre, Viçosa, Francisco Dantas, Pau dos Ferros, Rafael Fernandes, Marcelino Vieira, Pilões, Alexandria, José da Penha, Tenente Ananias, Paraná e São Francisco do Oeste, com uma população total de 114.231 habitantes (IBGE, 2010).

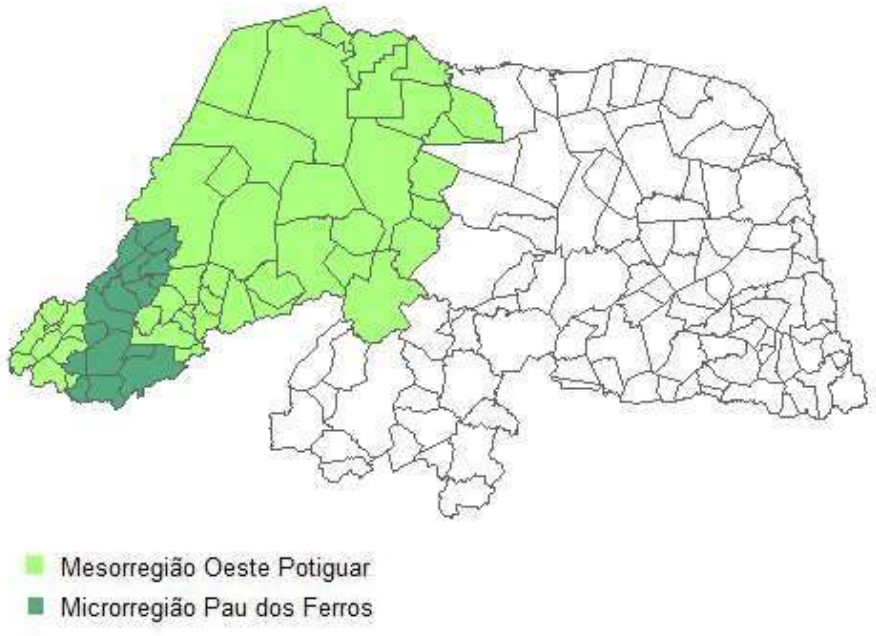


Figura 1: Mapa de localização destacando a Mesorregião Oeste Potiguar e a Microrregião Pau dos Ferros no Estado do Rio Grande do Norte.

Situados no semiárido, todos os municípios apresentam formação vegetal marcada por caatinga hiperxerófila. Esta vegetação tem caráter mais seco, com abundância de cactáceas e plantas de porte mais baixo e espalhado. Entre outras espécies destacam-se a jurema-preta, mufumbo, faveleiro, marmeleiro, xique-xique e facheiro. Além de hiperxerófila, encontram-se diferentes tipos de vegetação em apenas três municípios: José da Penha, Alexandria e Portalegre. Os dois primeiros têm florestas do tipo caducifólias, vegetação que apresenta espécies de folhas pequenas e caducas que caem no período seco; o último compõe-se de uma vegetação que se caracteriza pela queda das folhas das árvores durante o período seco, denominada floresta subcaducifólia (IDEMA). A extração vegetal destas espécies de plantas como lenha, carvão vegetal e madeira em tora contribui para economia local.

Dados sobre a exploração de produtos silvícolas foram coletados junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), onde também foi adquirido um banco de dados espacial em formato *shape*, contendo a área e o limite político de cada município da microrregião. O banco de dados foi manipulado por meio do Sistema de Informações Geográficas (SIG) Terra View 3.5, fornecido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Todos os dados foram ajustados usando a projeção *UTM* e o *datum SAD 69*, entre eles, os dados referentes à produção de lenha e toras em metros cúbicos e quantidade de carvão vegetal em toneladas, bem como os valores em reais de cada produto de cada município para o ano de 2009.

Foram calculados os valores de cada produto em reais por unidade de produto explorado e posteriormente, as informações foram transferidas para o banco de dados espacial básico, gerando o mapeamento apresentado. Os dados coletados são dados oficiais sobre a exploração da caatinga na região em estudo e não foram computados dados referentes à exploração ilegal de madeira.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme o exposto na Tabela 1 verifica-se que o valor da exploração de lenha, segundo dados do IBGE, apresentou uma média de R$ 8,01/m^3, sendo o maior valor registrado no município de José da Penha com R$ 9,03/m^3 e o menor em Rodolfo Fernandes com R$ 6,48/m^3.

Com relação ao valor da exploração do carvão vegetal, a média do valor da produção de todos os municípios da região foi de R$ 745,38/tonelada de carvão, sendo nove municípios (Rodolfo Fernandes, Riacho da Cruz, Taboleiro Grande, Viçosa, Rafael Fernandes, Marcelino Vieira, Pilões, José da Penha e Tenente Ananias) os que possuem maiores valores registrados; e o município de menor valor, por não apresentar esta exploração, foi Itaú.

Para madeira em tora, o valor médio foi de R$ 14,38/m^3 para os municípios produtores. Neste caso, dos 17 municípios, apenas três tiveram registro deste tipo de atividade, sendo eles Severiano Melo, Pau dos Ferros e José da Penha com os respectivos valores de R$ 76,92, R$ 83,33 e R$ 84,21/tonelada, respectivamente.

Em relação à quantidade de madeira em lenha explorada por unidade de área de cada município, a taxa de retirada média encontrada foi de 0,96 m^3/km^2, sendo a maior taxa 2,33 m^3/km^2 no município de Marcelino Vieira e o menor valor 0,21 m^3/km^2 no município de Itaú.

Tabela 1 – Valores e quantidades das explorações dos produtos Silvícolas na Microrregião Pau dos Ferros.

Municípios	**Valor da Exploração de lenha (R$/$m^3$)**	**Valor da Exploração de carvão Vegetal (R$/ton.)**	**Valor da exploração de madeira em toras (R$/$m^3$)**	**M^3 de Lenha Explorados /Km^2**
Severiano Melo	6,51	500,00	76,92	0,48
Rodolfo Fernandes	6,48	1000,00	0,00	0,60
Itaú	7,08	0,00	0,00	0,21
Riacho da Cruz	8,96	1000,00	0,00	0,48

Taboleiro Grande	7,43	1000,00	0,00	0,49
São Francisco do Oeste	8,00	500,00	0,00	1,22
Portalegre	8,97	500,00	0,00	1,46
Viçosa	8,87	1000,00	0,00	0,60
Francisco Dantas	8,47	600,00	0,00	0,73
Pau dos Ferros	8,49	571,43	83,33	0,54
Rafael Fernandes	8,50	1000,00	0,00	1,08
Marcelino Vieira	8,00	1000,00	0,00	2,33
Pilões	7,44	1000,00	0,00	0,94
Alexandria	8,00	500,00	0,00	1,06
José da Penha	9,03	1000,00	84,21	1,61
Tenente Ananias	7,51	1000,00	0,00	1,05
Paraná	8,50	500,00	0,00	1,43
MÉDIA	**8,01**	**745,38**	**14,38**	**0,96**

Os dados verificados neste estudo servem de amostragem da situação de cada município com relação à exploração de produtos vegetais de origem silvestre na região. A partir desses dados foi constatado que há desmatamento na microrregião somado, provavelmente, às práticas não conservacionistas da exploração vegetal. A contribuição desta, associada às características naturais da caatinga (vegetação bastante espaçada indicando poucas plantas) aumenta a perda dessa vegetação e, portanto maior risco de ocorrência de problemas ambientais, como o fenômeno da desertificação. Há ainda, valores da exploração ilegal, estes desconhecidos, o que subestima o resultado encontrado.

Os mapas (Figuras 2, 3 e 4) ilustram a distribuição espacial das informações, objetivando relacionar a exploração com a área de cada localidade e servir de instrumento de monitoramento de dados sobre a retirada da cobertura vegetal arbórea da Microrregião Pau dos Ferros.

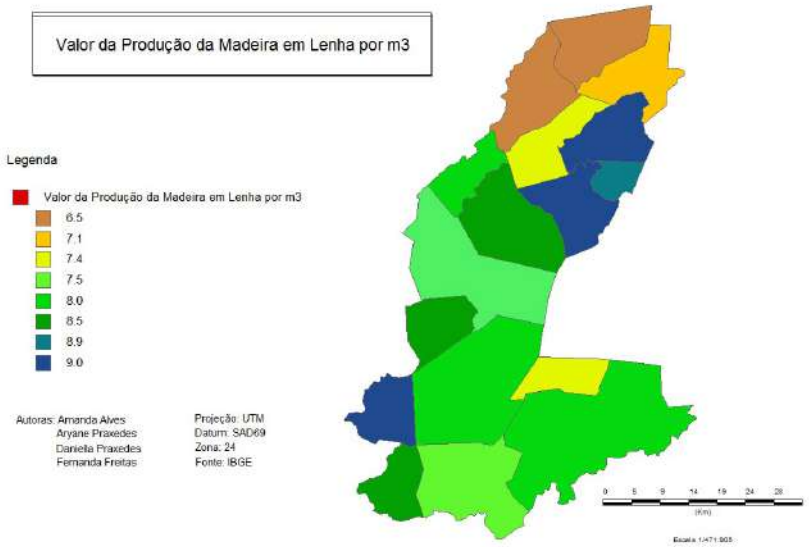


Figura 2 – Mapeamento do valor em reais pela quantidade da exploração de madeira em lenha em m^3 da Microrregião Pau dos Ferros.

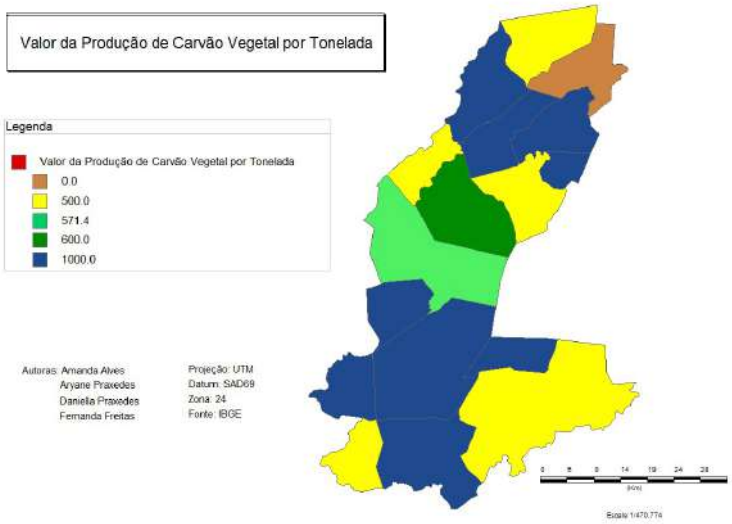


Figura 3 – Mapeamento do valor em reais pela quantidade da exploração de carvão vegetal em tonelada da Microrregião Pau dos Ferros.

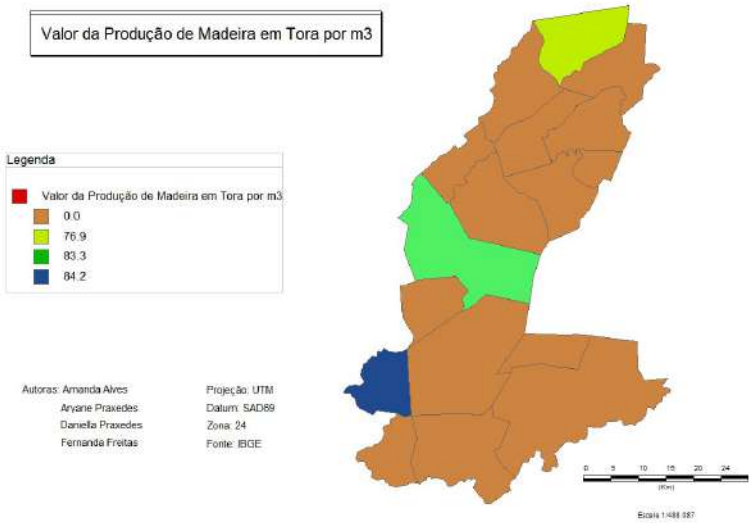


Figura 4 – Mapeamento do valor em reais pela quantidade da exploração de madeira em tora em m^3 da Microrregião Pau dos Ferros.

CONCLUSÕES

Os municípios da região têm um valor de exploração média de aproximadamente R$ 8.00 /m^3 de lenha, R$ 745,38/tonelada de carvão vegetal e R$ 14,38/m^3 de madeira em tora. A microrregião desmatou uma média de 0,93 m^3/km^2 de área para o ano de 2009, exclusivamente de lenha. Subestimando a somatória do carvão vegetal e madeira em tora nos municípios que existem estas formas de exploração. O problema é então ainda maior com a falta de práticas conservacionistas, até mesmo da própria população local que utiliza como fonte de energia e renda, acelerando o processo de desertificação.

Mesmo não usando um padrão que possa ser comparado, o ritmo de retirada de material vegetal é alto para a região semiárida, podendo, a médio e longo prazo, representar um risco à cobertura vegetal dos municípios estudados. Indica-se o aprofundamento dos estudos com o uso de Sensoriamento Remoto para determinar a dinâmica da remoção da vegetação na área em avaliação, uma vez que foi de grande utilidade e importância nos resultados encontrados. É imprescindível, quando há veracidade, fazer denúncias sobre agressão ao meio ambiente, além do que, fazer uso de madeira certificada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO FILHO, J. A. de; CARVALHO, F. C. de; GARCIA, R.; SOUSA, R. A. de. Efeitos da Manipulação da Vegetação Lenhosa sobre a Produção e Compartimentalização da Fitomassa Pastável de uma Caatinga Sucessional. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 31, n.1, p.11-19, 2002.

BRASIL, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Contagem Populacional. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1. Acesso em: 10/11/2010.

CAVALCANTE, M. B.; NASCIMENTO, S. M. de S. G. Áreas Protegidas na Caatinga: Um estudo de caso no Parque Estadual da Pedra da Boca. Artigo apresentado a Disciplina Estudos de Impactos Ambientais (EIA), Curso de Especialização em Ciências Ambientais – FIP/PB, 2006.

FRANCA-ROCHA, W. et al. Levantamento da cobertura vegetal e do uso do solo do Bioma Caatinga. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 2629-2636.

LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. da. Ecologia e conservação da Caatinga: Uma Introdução ao desafio. Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, 2003.

RIO GRANDE DO NORTE, Instituto de Desenvolvimento Sustentável e do Meio Ambiente do RN (IDEMA). Perfil do seu Município. Disponível em: http://www.idema.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/idema/socio_economicos/enviados/perfil_municipio.asp. Acesso em: 16/11/2010.

SILVA, P. H. de A.; LEITE, A. M. Boas práticas na produção de mel na microrregião de Pau dos Ferros. HOLOS, Ano 26, Vol. 5, 2010.

SILVA, R. S. V.; CASTILHOS Z. C.; ARAÚJO, P. C. Uso de Geotecnologias na avaliação de risco Ambiental na lavra e no artesanato em pedra sabão na comunidade de Mata dos Palmitos em Ouro Preto-MG. XXIII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa Gramado - RS, Setembro/Outubro 2009.

TERRA VIEW 3.5. São José dos Campos, SP: INPE, 2010. Disponível em: www.dpi.inpe.br/terraview. Acesso em: 09/11/2010.

VELLOSO, A. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; PAREYN, F. G. C. Ecorregiões – Propostas para o bioma Caatinga. Recife: Associação Plantas do Nordeste; Instituto de Conservação Ambiental The Nature Conservancy do Brasil, 2002.

Monitoramento da Cobertura Vegetal no Município de Apodi-RN, no Período de 1999 e 2009

Laize Batista de Medeiros[1]; Débora Carla Barboza de Sousa[1]; Thiago Kennedy Gomes Costa[1]; Artênio Cabral. Barreto[2]; Paulo Cesar Moura da Silva[3];

(1) Estudante de graduação de Engenharia Agrícola e Ambiental, UFERSA Mossoró, RN; thiagocost@hotmail.com, deborabarboza9@gmail.com, laize.medeiros@hotmail.com; (2) Mestrando em Engenharia Agrícola e Ambiental, UFC, Fortaleza, CE; art_barreto@hotmail.com (3) Prof. Doutor, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas UFERSA, Mossoró, RN; paulo.moura@ufersa.edu.br.

Resumo

Este estudo teve como objetivo identificar e quantificar as possíveis áreas de desmatamento do bioma caatinga no município de Apodi-RN. Para identificar as áreas de desmatamento tem sido utilizado uma técnica de Sensoriamento Remoto chamado Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). Foram utilizadas imagens orbitais TM/Landsat5 bandas 3 e 4, para gerar NDVI para os anos de 1999 e 2009. A imagem de 1999 foi corrigida radiometricamente para coincidir com a amplitude dos níveis de cinza dos elementos de imagem em cada banda espectral de uma série de imagens multitemporais. As áreas foram quantificadas e observou-se que houve uma redução de 9.048 ha de vegetação, cerca de 5,84% de área vegetada, aumentando as áreas da superfície da água e solo exposto em 2.979 e 6.067 ha, respectivamente. Verificou-se que 33% dessa redução ocorreu devido ao aumento da superfície da água.

Palavras-chave: NDVI, Sensoriamento remoto, Desmatamento.

Abstract

This study aimed to identify and quantify the possible areas of deforestation of caatinga of the city Apodi by NDVI. To identify areas of deforestation has been used in remote sensing technique called *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). TM/Landsat5 images were used, bands 3 and 4, to generate two's NDVI for the years 1999 and 2009. The 1999 image was radiometrically corrected to match the amplitudes of the gray levels of picture elements in each spectral band in a series of multitemporal images. The classes were quantified and observed that there was a reduction of 9,048 ha of vegetation, about 5.84% of vegetated area, increasing the areas of water surface and exposed soil in 2979 and 6067 ha respectively. Being able to assign 33% of this reduction to increase the water surface.

Key-words: NDVI, Remote sensing, Deforestation,

Introdução

Em março de 2010, foi publicado pelo Ministério do Meio Ambiente o relatório de Monitoramento dos Biomas Brasileiros que mostra o Rio Grande do Norte como o quinto estado que mais desmatou o bioma caatinga no período de 2002 a 2008, atingindo 1.142 km² de desmatamento. Diante desta situação, surge a necessidade de elaborar novos modelos de gestão ambiental que considerem a conservação e recuperação dos habitats ameaçados, a fim de fornecer subsídios às políticas regionais para uso sustentável da biodiversidade (MMA, 2010).

Com base em Assunção e Moreira (1984), o sensoriamento remoto é a técnica de utilização de sensores para aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos sem que haja contato direto entre eles (INPE, 2000). Ao utilizar dados de sensoriamento remoto para o estudo de determinado alvo, deve-se ter em mente a existência de uma série de variações na energia eletromagnética ocasionadas pela fonte de energia, pelo meio em que a energia é propagada, pelos alvos imageados, pelo sistema sensor que capta a energia proveniente do alvo.

De acordo com Ponzoni (2001), a "aparência" da cobertura vegetal em determinado produto de sensoriamento remoto é fruto de um processo complexo que envolve muitos parâmetros e fatores ambientais. O que é efetivamente medido por um sensor remotamente situado, oriundo de determinada vegetação, não pode ser explicado somente pelas características intrínsecas dessa vegetação, inclui também a interferência de vários outros parâmetros e fatores tais como fonte de radiação, atmosfera, as características do dossel, o solo e outros.

No comportamento espectral da vegetação, a folha é o elemento principal a ser estudado, pois contribui significativamente para o sinal detectado por sensores remotos segundo Colwell (1974). O comportamento espectral da folha é influenciado principalmente por sua morfologia interna (distribuição, quantidade de tecidos e espaços intercelulares), tipo e quantidade de pigmentos fotossintetizantes, característicos de cada espécie, Kumar (1974).

Como observado, as plantas refletem a radiação diferentemente para cada comprimento de onda associado. Porém, no geral há uma semelhança entre as curvas de reflectâncias de uma folha quando comparadas com a medição dos dosséis, permitindo assim que os padrões de reflectância, apresentado pelos dosséis vegetais em imagens multiespectrais, possam ser associados de acordo com um padrão de reflectância de uma folha. No entanto, cuidados devem ser tomados já que a interação do fluxo de radiação com um dossel é bem mais complexa do que a de uma folha isolada com base em Kumar (1974).

Segundo Moreira e Shimabukuro (2004), na literatura são encontrados mais de cinqüenta índices de vegetação sendo quase todos obtidos de medidas da reflectância nas faixas espectrais do vermelho e infravermelho próximo do espectro eletromagnético. Os dois tipos mais comumente

utilizados, no entanto, são: Razão Simples (RVI) e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).

O presente trabalho teve com o objetivo o monitoramento dos desmatamentos da vegetação da caatinga no município de Apodi, por meio do uso de imagens de satélite no período de 1999 e 2009, utilizando para a avaliação o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada - NDVI *(Normalized Difference Vegetation Index)*.

Material e Métodos

A área de estudo compreende o município de Apodi, situado entre o paralelo de 5º 39' 51" (Latitude sul) e o meridiano de 37º 47' 56" (Longitude oeste).

A sede se encontra a uma altitude de aproximadamente 67 metros acima do nível do mar, distando 328 km da capital do Estado, possuindo uma área territorial de 1.602,66 km². Limita-se ao Norte com os municípios Governador Dix-Sept Rosado, Estado do Ceará e Felipe Guerra, ao sul com Umarizal, Itaú e Severiano Melo, a leste com Caraúbas e Felipe Guerra e a oeste com Estado do Ceará, Severiano Melo e Itaú, situado na região do oeste potiguar (IDEMA, 2008), conforme ilustrado na Figura 1.

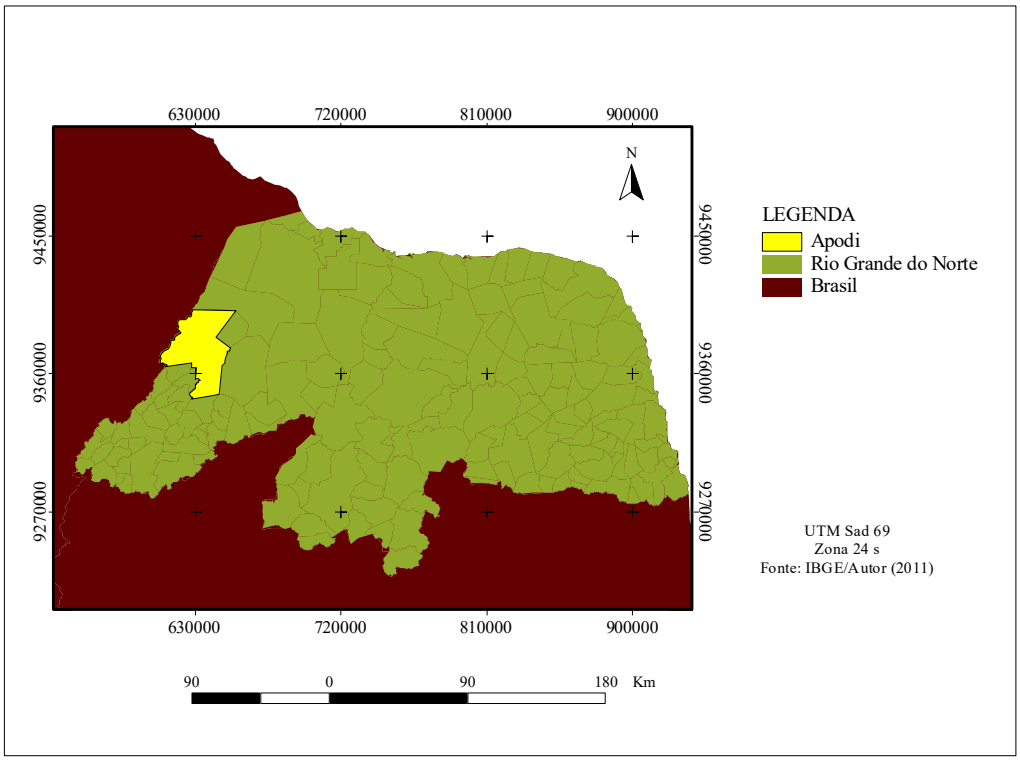


Figura 1 : Localização do município de Apodi.

Utilizou-se o mapa político-administrativo do território brasileiro e estado do Rio Grande do Norte. Fonte IBGE (2010), software SPRING 5.1.7 (Sistemas de Processamento de Informações Georreferenciadas), imagens orbitais TM LANDSAT 5, de 04/07/1999 e de 31/07/2009, órbita-

ponto, 216-064, formato digital disponibilizadas pelo INPE,visualizador de dados geográficos TerraView 4.0.0.

Corrigiu-se as imagens geometricamente mediante o registro via tela, com um plano de informação previamente georreferenciado, uma imagem ortorretificada Landsat 5, orbita-ponto, 216-064 de ano 2006. A projeção das imagens é a mesma da base de referência, ou seja, da imagem ortorretificada, projeção UTM (*Universal Transverse de Mercator*) e o modelo geoidal da terra (*DATUM*) WGS84 (*World Geodetic System 1984*). As imagens registradas obtiveram um de erro de pixel de 0,788.

Fez-se a normalização das imagens por serem envolvidas no processamento, sobre as imagens de datas distintas foi necessário realizar a normalização radiométrica. Este procedimento tem como objetivo compatibilizar as amplitudes dos níveis de cinza dos elementos de imagem em cada banda espectral de uma série multitemporal de imagens. O método utilizado foi o da Uniformização das Médias e Variâncias – UMV, que segundo Fonseca et al.(2003), apresenta ótimos resultados para imagens do Landsat 5.

Várias operações matemáticas simples podem ser usadas para analisar imagens multi-temporais. Normalmente, são utilizadas duas ou mais imagens de uma mesma área geográfica, sempre previamente corregistradas (isto é, cada pixel das duas imagens se refere exatamente à mesma área no terreno).

Estas operações são realizadas pixel a pixel, através de uma regra matemática previamente definida e tem como resultado uma banda representando a combinação das bandas originais. Com isso, essas operações permitem a compressão dos dados, diminuindo o numero de bandas e permitindo a melhor discriminação dos pequenos detalhes não muito perceptíveis nas bandas separadamente.

Para obter as imagens índices, utilizou-se as bandas visível (B3) e infravermelho próximo (B4) das imagens de 31/07/2009 e 04/07/1999 (ajustada – S'). Em operações aritméticas no SPRING foi realizada a operação especificada pela (Equação 1):

$$C = ganho * \left(\frac{A - B}{A + B}\right) + offset \qquad (1)$$

Na qual, A e B representam B3 e B4, respectivamente.

Para melhorar a qualidade do contraste das imagens foram utilizados fatores de ganho e offset ensaiados. Vários valores foram testados, escolheu-se aquele que permitiu uma melhor visualização e interpretação dos dados.

Classificação é o processo de extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos com o objetivo de mapear as áreas da superfície terrestre (INPE, 2000). O resultado final de uma classificação de uma imagem é um mapa temático, onde os pixels classificados são representados por símbolos gráficos ou cores. Cada cor ou símbolo está associado a uma classe (área urbana, tipos de florestas, tipos de solo e outros.) definida pelo usuário (INPE, 2000).

A classificação das imagens índices foi realizada através da classificação supervisionada. Para realizar esse tipo de classificação seguiram-se os seguintes passos:

1. Seleção das classes que se desejava identificar na imagem: espelho d'água, solo exposto, vegetação densa e vegetação rala;

2 Escolheu-se um conjunto de pixels representando cada uma das classes. Estas amostras formaram um conjunto de amostras de treinamento, que foram definidas com base de dados de imagens de alta resolução;

3. Utilizou-se o conjunto de treinamento para estimar os parâmetros usados pelo algoritmo de classificação. O algoritmo de classificação utilizado foi o classificador por Máxima Verossimilhança (MAXVER), com limiar de aceitação de 100%, que é o método de classificação pixel a pixel mais utilizado.

4. Rotulou-se cada região como sendo pertencente a uma dentre o conjunto de classes, definido no passo "a", usando os parâmetros estimados no passo "c";

5. Produção de mapas temáticos que mostraram o resultado da classificação

Na etapa do treinamento, foi identificado na imagem um conjunto de pixel (área) representativo de cada classe. Essas áreas correspondem a uma amostra homogênea da classe correspondente, mas ao mesmo tempo incluindo toda a variabilidade dos níveis de cinza para a classe. Foram adquiridas várias amostras para o treinamento, de forma diminuir ao máximo o grau de confusão entre as classes.

As imagens índices de vegetação classificada obtiveram os seguintes desempenhos médios de acordo com a Tabela 1

Tabela 1. Desempenho médio e grau da classificação.

Análises e amostras	NDVI-1999	NDVI-2009
Desempenho médio	96.33%	94.65%
Grau de confusão	3.67%	5.35%

A subtração de imagens tem como principal objetivo o realce de pequenas diferenças espectrais refletidas pelas diferenças dos níveis de cinzas. A análise da variação das mudanças esperada

durante o período de 10 anos foi obtida pela subtração das imagens NDVI de 04/07/1999 e de 31/07/2009. A subtração de imagem é obtida no SPRING através da opção operações aritméticas disponíveis para imagens, Crosta (1992). O processamento foi efetuado a partir da Equação 2:

$$C = ganho * (A - B) + offset \quad (2)$$

Em que,

C é a imagem subtração

A e B imagens NDVI correspondentes as datas 04/07/1999 e 31/07/2009, respectivamente.

Resultados e Discussão

As Figuras 2 (a) e (b) ilustram as imagens NDVI de 1999 e de 2009, em que as tonalidades altas ressaltam as áreas vegetadas. Observa-se no NDVI-1999 que existe uma maior uniformidade nos níveis de cinza em comparação com o NDVI-2009. Essa uniformização deve-se ao fato de que em 1999 existe maior cobertura vegetal, enquanto que em 2009 tem-se maior contraste devido a mudança na cobertura vegetal.

Figura 2.1. Imagem NDVI-199

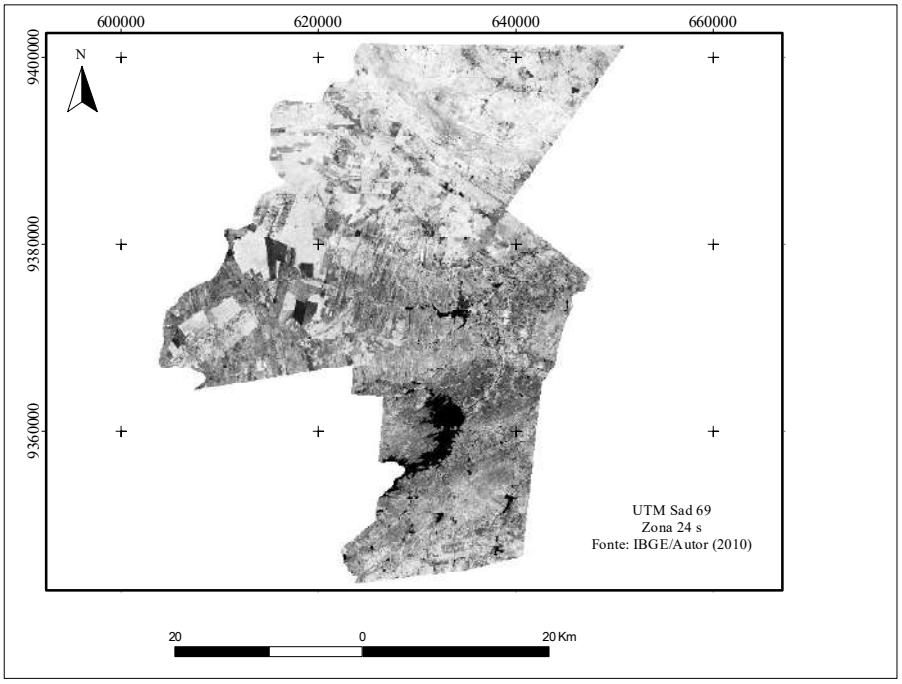


Figura 2.2. Imagem NDVI-2009

Foi realizado SPRING o cálculo de áreas por geo-classe em cada plano de informação com a finalidade de quantificar as áreas classificadas. O resultado dessa operação é mostrado na tabela 2.

Tabela 2. Áreas das geo-classes e diferenças entre os anos 1999 e 2009

Imagens Classificadas	Vegetação Densa (ha)	Vegetação Esparsa (ha)	Espelho d'água (ha)	Solo Exposto (ha)
1999	50607	98906	351	5063
2009	50465	90000	3330	11132
Diferença	142	8906	-2979	-6069

A área de vegetação densa e vegetação esparsa no ano de 1999 correspondiam a 50.607 e 98.906 ha, respectivamente, totalizando 149.513 ha de cobertura vegetal. No ano de 2009, as áreas de vegetação densa e esparsa correspondiam a 50.465 e 90.000, respectivamente, no total de 140.465 ha.

A diferença de vegetação densa e vegetação esparsa entre os anos de 1999 e 2009 foram 142 e 8.906 ha, respectivamente. Totalizando uma diminuição de 9.048 ha de áreas vegetadas. Em contrapartida às essas perdas de áreas vegetadas, houve um aumento do espelho d'água e solo exposto de 2.979 e 6.069 ha, respectivamente.

Observa-se na Tabela 5, Sendo que em termo de comparação com a área do município, a perda de vegetação correspondeu a 5,84%, o solo exposto aumentou em 3,92% e o espelho d'água 1,92%.

Deve ser destacado o aumento significativo da área de espelho d'água, que em 1999 correspondia a 351 ha, passando a ter 3.330 ha no ano de 2009, ou seja, mais de 9 vezes da área anterior. Com isso, pode-se atribuir ao aumento do espelho d'água (inundação) cerca de 33% de toda área desmatada. Este acréscimo no espelho d'água deu-se pela construção da barragem Santa Cruz.

A área de solo exposto no ano de 1999 correspondia a 5.063 ha, em 2009 essa área passou a ter 11.132 ha, totalizando um acréscimo de 6.069 ha. A causa deste aumento pode ser atribuída às grandes áreas que vem sendo exploradas pela agricultura e ao longo do tempo, devido a falta de um manejo adequado, são abandonadas e exploradas novas áreas. Todavia, deve-se fazer um estudo mais aprofundado para saberem-se as reais causas do desmatamento.

Observa-se nas figuras 9 e 10, que mesmo levando-se em consideração o processo de regeneração da vegetação houve um acréscimo de áreas com solo exposto, podendo-se afirmar que houve desmatamento. Contudo, é interessante que se faça um estudo mais detalhado para descrever com maior precisão a dinâmica do processo de regeneração e desmatamento, fazendo-se NDVI para anos intermediários ao intervalo estudado.

As figuras 3.1 e 3.2 apresentam as imagens classificadas. As áreas em tonalidade vermelha e azul representam as áreas de solo exposto e água, respectivamente. Observa se que existe acréscimo significativo nessas áreas.

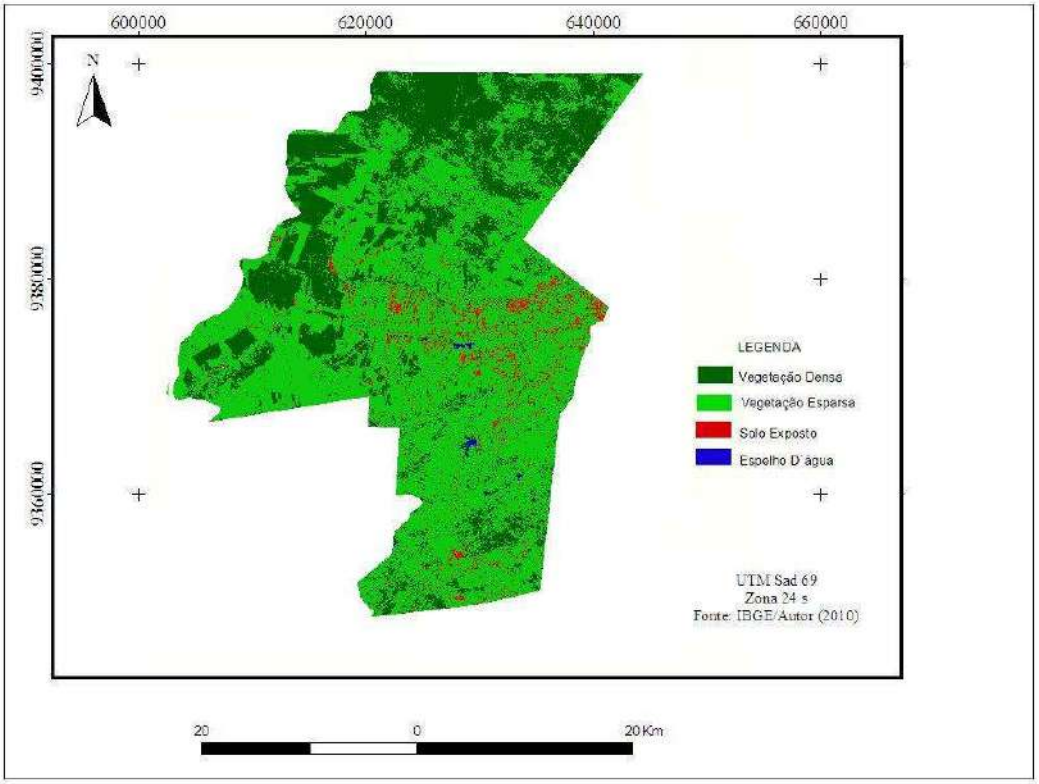


Figura 3.1. Imagem classificada 1999

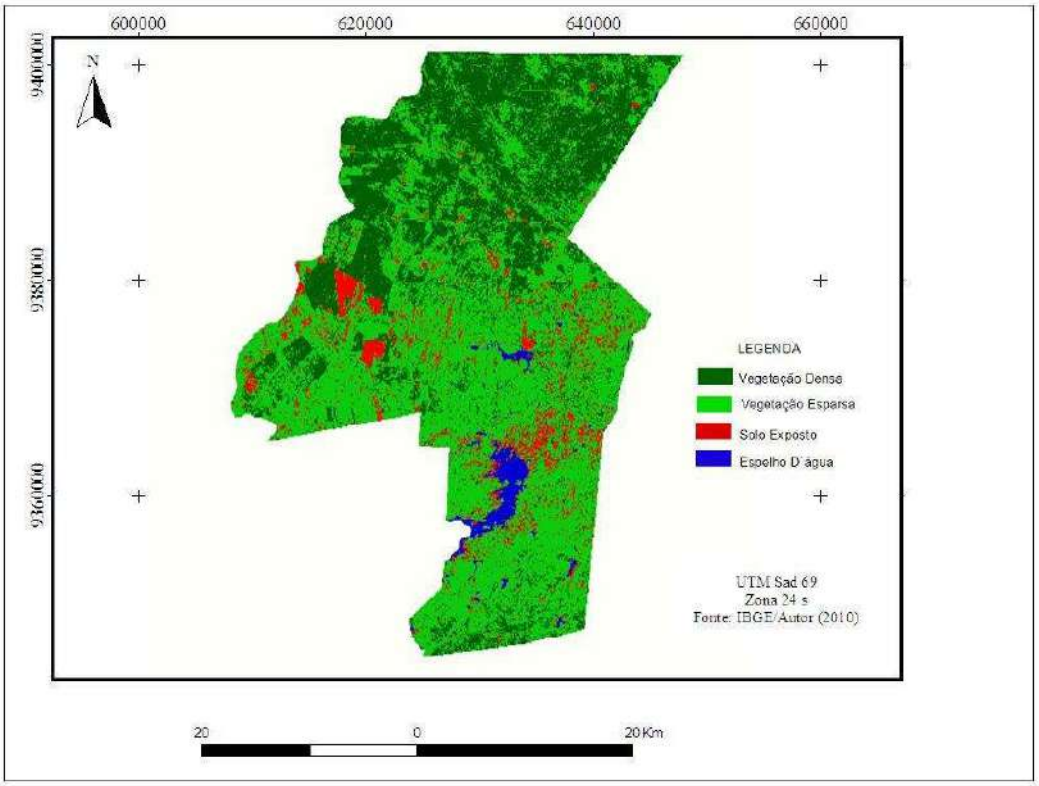


Figura 3.2. Imagem classificada 2009

Conclusão

De acordo com a metodologia empregada, as áreas indicadas com perda de vegetação e ganho de solo exposto e água não foram numericamente equivalentes, indicando que ocorreu desmatamento no período estudado. Ocorreu um decréscimo de área vegetada no município de Apodi-RN de 5,84% no intervalo de 1999 a 2009. Do total do desmatamento, cerca de 33% foi atribuída ao aumento do espelho d'água. O NDVI mostrou-se uma técnica possível de verificação de áreas de desmatamento, todavia indicativa.

Referências Bibliográficas

ASSUNÇÃO, G. V., MOREIRA, M. A.; Princípios básicos, **Metodologias e aplicações de sensoriamento remoto na agricultura.** São Jose dos Campos: INPE,1984.

COLWELL, J. E. **Vegetation canopy reflectance. Remote Sensing of Environment**. In: International Symposium on Remote Sensing of Environment v. 3, n. 3, p. 175-183, mar. 1974.

CROSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: IG;UNICAMP, 1992.

FONSECA, L. M. G.; LEONARDI, S. S.; SOUSA, S. M. **Comparação do desempenho de algoritmos de normalização radiométrica de imagem de satélite**. IN: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 11., 2003, Belo Horizonte. Anais... São José dos Campos:

IBGE. Disponível em: **<http://www.ibge.gov.br>** Acesso em 10 mai.2010.

IDEMA. Perfil do seu município. Natal: Idema, 2008. Disponível em: **< http://www.idema.rn.gov.br/>**. Acesso em: 20 jun. 2010.

INPE. **Processamento digital de imagens**. São José dos Campos: INPE, 2000. Apostila, CD-ROM.

INPE. Disponível em:< **http://www.dgi.inpe.br/siteDgi/index_pt.php**> Acesso em: 15 mai. 2010.

INPE, 2003. p.2063-2069, 1 CD-ROM. Disponível em: < http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.14.16.57/doc/15_204.pdf>. Acesso em: 10 maio 2010.

KUMAR, R. **Radiation from plants-reflection and emission: a review**. Lafayette. Purdue Research Foundation, 1974. 88p.

MOREIRA, M. A; SHIMABUKURO, Y. E. **Cálculo de índice de vegetação a partir de sensor**. Aplicações ambientais brasileiras dos satélites NOAA e Tiros-N. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. p.79-101.

MMA. **Monitoramento dos biomas brasileiros: bioma caatinga**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2010. Disponível em: < http://www.mma.gov.br> Acesso em: 05 mai.2010.

PONZONI, F. J. **Comportamento espectral da vegetação. sensoriamento remoto reflectância dos alvos naturais**. Brasília: Universidade de Brasília, 2001. p. 157-199. Publicado como INPE-11438-PRE/6860. ISBN 85-230-0656-7.

SPRING 5.1.7. São José dos Campos, SP: INPE, 2010. Disponível em: <www.dpi.inpe.br/spring>. Acesso em 10 de maio 2010.

Uso de SIG para Monitoramento das Áreas de Influência dos Poços Petrolíferos em Mossoró-RN

Thiago Kennedy Gomes Costa[1]; Débora Carla Barboza de Sousa[1]; Laize Batista de Medeiros[1]; Artênio Cabral. Barreto[2]; Paulo Cesar Moura da Silva[3];

(1) Estudante de graduação de Engenharia Agrícola e Ambiental, UFERSA Mossoró, RN; thiagocost@hotmail.com, deborabarboza9@gmail.com, laize.medeiros@hotmail.com; (2) Mestrando em Engenharia Agrícola e Ambiental, UFC, Fortaleza, CE; art_barreto@hotmail.com (3) Prof. Doutor, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas UFERSA, Mossoró, RN; paulo.moura@ufersa.edu.br.

Resumo

A atividade petrolífera brasileira está em plena evolução e dentro desse panorama se encontra o município de Mossoró-RN apresentando ótimas condições geológicas para o desenvolvimento de tal atividade, em virtude de concentrar o maior campo petrolífero de exploração em terra do país, o Canto do Amaro. Entretanto, em consequência da exploração em terra, o município vem provocando a degradação do bioma caatinga. Este estudo teve como objetivo, monitorar através de técnicas de Sensoriamento Remoto o crescimento da indústria petrolífera no município de Mossoró, avaliando as áreas de influências dos poços perfurados em um período de 17 anos, enfatizando o estudo em três anos distintos: 1993, 2006 e 2010. Assim, foi possível analisar todas as áreas desmatadas para a implantação dos poços e mensurar as áreas de desmatamento do bioma caatinga dentro dos limites municipais.

Palavras-chave: Atividade petrolífera, Sensoriamento remoto, Caatinga.

Abstract

The Brazilian oil activity is in a fast growing, and in this view it finds the municipality of Mossoró-RN, showing good geological for the development in such activity, where we can find the largest field of oil exploration on land of the country, Canto do Amaro. The city has been show one of the most largest levels of Caatinga biome degradation, however this study has the objective to monitor through remote sensing the growing of the oil industry on the municipality of Mossoró, evaluating the areas of influence of the wells drilled in a period of 17 years, studying three distinct years: 1993, 2006 and 2010. Being possible analyze all the deforested area for the deployment of wells, with the areas of deforested of the Caatinga biome on the municipality border, the areas of influence of the wells drilled.

Key-words: Activity oil, Remote Sensit, Caatinga.

INTRODUÇÃO

A indústria petrolífera brasileira vem crescendo dia após dia, trazendo consigo uma série de vantagens no âmbito socioeconômico e outra gama de desvantagens e riscos ligados ao meio ambiente. Dentro do contexto de crescimento desta indústria encontra-se o Rio Grande do Norte por apresentar em seu território, aspectos geológicos propícios para a presença de petróleo em seu subsolo. É o terceiro estado que mais produz essa fonte de energia em todo o país. Em virtude disso, existem grandes investimentos nessa atividade no território potiguar (PETTA, 2005).

Um dos maiores pólos do estado se encontra na Microrregião de Mossoró e segundo dados disponibilizados pelo site da Prefeitura Municipal de Mossoró, existem cerca de 3.500 poços de petróleo em atividade no município, representando 27,34% da produção estadual. No município, encontra-se um dos maiores campos de petróleo do estado e do país, o Canto do Amaro fator que contribui para transformar a indústria petrolífera em uma das principais fontes de renda da região, é porém, é preciso atentar também para as questões ambientais que emergem com o processo de exploração e produção do petróleo, as quais são por vezes esquecidas em meio à ideia de progresso e desenvolvimento que cercam a indústria petrolífera (FONSÊCA; SILVA, 2010)

Em março de 2010 foi publicado pelo Ministério do Meio Ambiente o relatório de Monitoramento dos Biomas Brasileiros que coloca Mossoró entre os vinte municípios que mais sofreram com o desmatamento entre o período de 2002 a 2008, onde cerca de 95 km² do bioma caatinga foi desmatado, algo equivalente a 4,5% de sua área total. Diante desse quadro, surge a necessidade da implantação de novas políticas para o manejo sustentável das ações antropizadas sobre o meio ambiente, visando à conservação da biodiversidade (MEDEIROS, 2010). Contudo surge a necessidade de acompanhar o crescimento da indústria petrolífera nos últimos anos dentro do município de Mossoró, analisando sua influência dentro do crescente desmatamento do bioma caatinga nos limites da região.

O bioma caatinga, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE, possui uma área aproximada de 826.411 km² e se estende pela totalidade do estado do Ceará (100%) e mais da metade da Bahia (54%), da Paraíba (92%), de Pernambuco (83%), do Piauí (63%) e do Rio Grande do Norte (95%), quase metade de Alagoas (48%) e Sergipe (49%), além de pequenas porções em Minas Gerais (2%) e no Maranhão (1%) (MMA, 2010). A caatinga é limitada a Leste e a Oeste pela Floresta Atlântica e Floresta Amazônica, respectivamente, e ao sul pelo cerrado. A precipitação média anual varia entre 240 e 1.500mm, mas metade da região recebe menos de 750 mm e algumas áreas centrais menos de 500 mm (SAMPAIO, 1995; PRADO, 2003), no município de Mossoró o bioma compreende toda a sua área, cerca de 210 mil hectares.

O Sensoriamento Remoto é a técnica de utilização de sensores para aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos sem que haja contato direto entre eles (INPE, 2000). O uso do Sensoriamento Remoto vem se tornando cada vez mais habitual em estudos ambientais.

Assim, o presente trabalho pretende averiguar, a partir de uso do Sensoriamento Remoto em análises de imagens orbitais anteriormente georreferenciadas, a taxa de crescimento dos poços de petróleo e sua área de influência por um período de 17 anos no município de Mossoró, e sua influência no desmatamento do bioma caatinga dentro dos limites municipais.

Material e Métodos

A área estudada compreendeu o município de Mossoró situado entre o paralelo 5º 11' 15" (Latitude Sul) e o meridiano 37° 20' 15" (Longitude Oeste). A sede do município situa-se a uma altitude de aproximadamente 16 metros acima do nível do mar, estando distante a 285 km da capital do estado, possuindo uma área territorial total de 211 km². Mossoró limita-se ao Norte com os municípios de Grossos e Tibau, ao Sul com Governador Dix-Sept Rosado e Upanema, a Leste com Serra do Mel, Areia Branca, Assu e Grossos, e a Oeste com o municípios de Baraúna, situado na região do Oeste Potiguar.

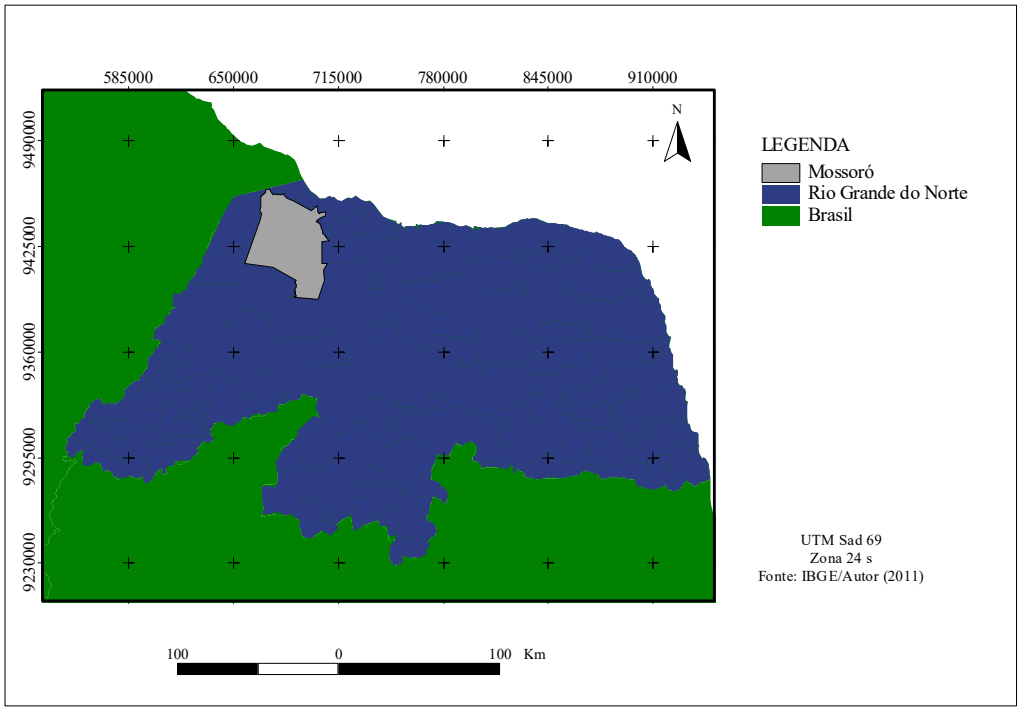


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

Segundo dados levantados pelo IDEMA (Instituto de Desenvolvimento Sustentável e do Meio-Ambiente do RN), no ano de 2010, o clima do município, de acordo com a classificação de

Köppen-Geiger é BSh, ou seja, clima seco, muito quente e com estação chuvosa concentrada entre o verão e o outono. Ainda segundo os dados citados anteriormente, a vegetação que se encontra no município de Mossoró é formada em sua grande maioria pela caatinga hiperxerófila, vegetação de caratér mais seco, com abundância e plantas de porte baixo e mais esgalhadas.

Segundo Rocha et al (2009), o relevo do município encontra-se em uma área classificada como planícies fluviais, classificada como uma área muito frágil ambientalmente, com contaminação dos aqüíferos, erosão marginal e remoção da cobertura vegetal. Ainda segundo Rocha et al (2009) essa região é propícia para a exploração do petróleo, desde que de forma sustentável.

Procedimentos

O processo de análise do crescimento dos campos de petróleo começou a partir da captura das imagens orbitais, disponíveis para download gratuito no catálogo de imagens no site do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), cujo domínio é (http://www.dgi.inpe.br). As imagens obtidas foram as do satélite LANDSAT 5, com uma cobertura máxima de nuvens de 10%, para os anos de 1993, 2006 e 2010, cenas 216/63 e 216/64.

A partir de então foi possível efetuar o registro das imagens (georeferenciamento) e a correção geométrica dos dados via tela através do software SPRING 5.1.7 (INPE, 2011), para tal foi criado um plano de informação previamente georreferenciado, correspondendo a uma imagem ortorretificada LANDSAT 5, 216-63 e 216-64, ano 2009. A projeção usada foi UTM (*Universal Tranverso de Mecator*), modelo geoidal da terra (DATUM) SAD 69.

Devido à diferença de datas entre as imagens envolvidas no trabalho, foi necessário a normalização radiométrica delas. A normalização radiométrica é feita com a finalidade de igualar as amplitudes dos níveis de cinza e elementos da imagem em cada banda espectral de uma série multitemporal (MEDEIROS, 2010).

A normalização foi executada utilizando o método da Uniformização das Médias e Variâncias UMV, método no qual apresenta ótimo resultado quando usado em imagens do LANDSAT 5. Este método implica na igualdade das médias e variâncias entre duas imagens, para tal calcula-se o ganho e *offset* da função aplicada na imagem de ajuste, para que a imagem resultante obtenha as mesmas variáveis estatísticas (média e variância) da imagem de referência.

Após a normalização radiométrica das imagens foi elaborado um mosaico com a junção entre as duas cenas (imagens), recortando-as com o arquivo vetorial dos limites territoriais do município de Mossoró. A junção das informações das imagens fez-se com o uso do *software* Terra

View 3.5.0 utilizando a importação da imagem para um mesmo plano de informação, cortando logo em seguida com o arquivo vetorial dos limites municipais.

Com as imagens prontas, o trabalho de monitoramento da atividade petrolífera no município de Mossoró nos últimos 17 anos foi iniciado. O primeiro passo foi a escolha da banda com a melhor visualização dos poços a ser utilizada, para tal a banda três foi a escolhida.

A Figura 2 mostra o detalhamento da banda três do LANDSAT-5 no monocromático da região de Mossoró, onde é possível enxergar os poços de petróleo dentro dos limites municipais, tornando possível a elaboração dos arquivos vetoriais para as áreas de influências dos poços petrolíferos para os devidos anos.

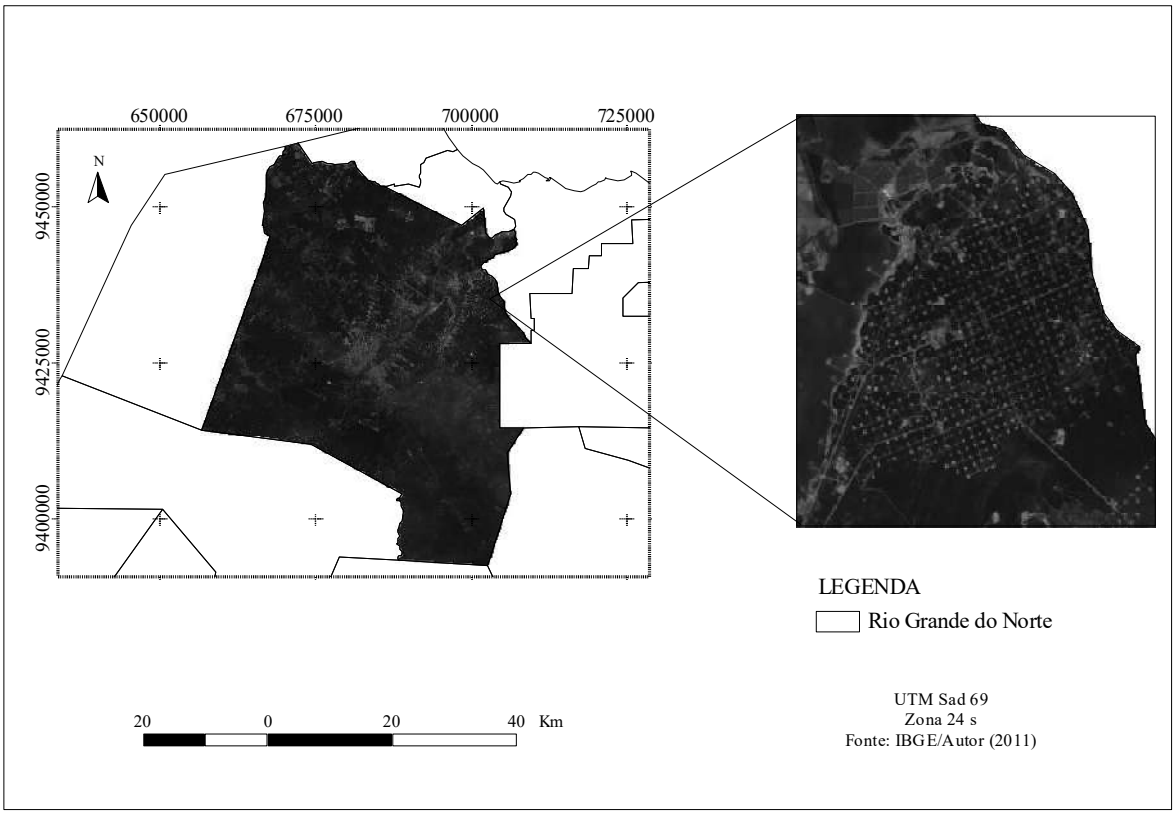


Figura 2. Detalhe dos poços petrolíferos.

Após a seleção da banda três no monocromático como alvo do estudo, começou-se então a edição da imagem, visando a criação dos arquivos vetoriais para as áreas de influências dos poços de petróleo em cada ano estudado, gerando também uma tabela de atributos com o determinado valor das áreas criadas, tornando-se viável o cálculo entre a diferença das áreas durante os anos, podendo assim observar a diferença entre elas de um ano para o outro.

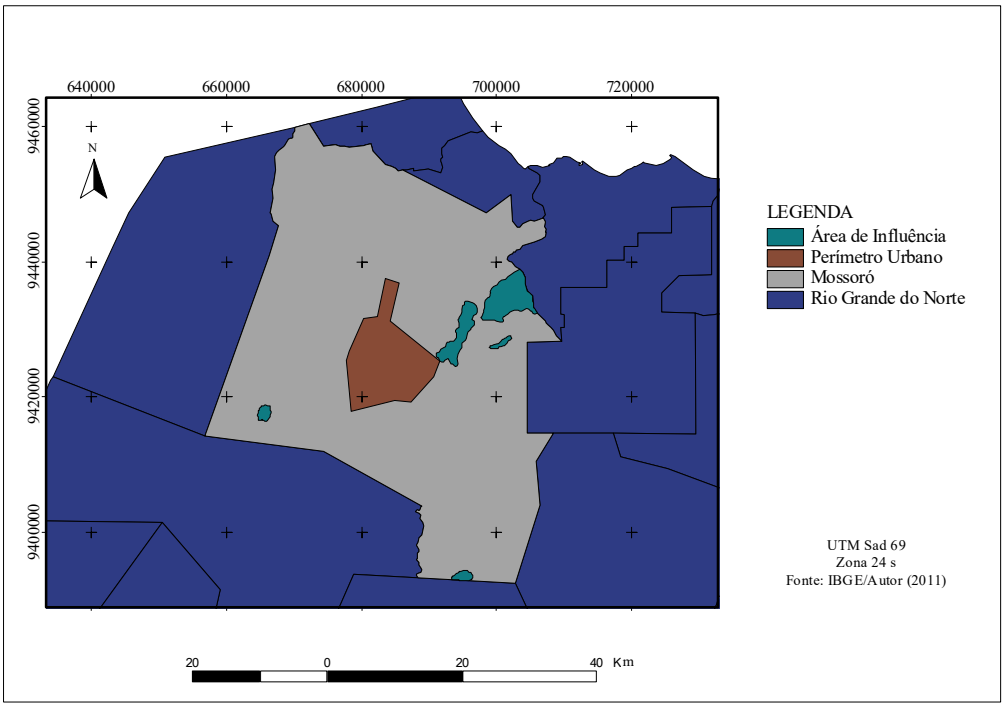
O arquivo foi elaborado no *software* ArcView 3.2, a execução deste foi de forma muito simples, desenhando polígonos cobrindo toda a área ao redor dos poços, em seguida com o uso da ferramenta *"Convert to Shapefile"* a obtenção foi concluída, repetindo essa mesma operação para os anos seguintes.

Logo após, as informações das tabelas de atributos para cada arquivo foram transformadas em uma só. A análise dos dados fora feita comparando as áreas de cada ano, calculando em percentagem o acréscimo ocorrido de ano para ano, logo após ocorreu à ligação entre os dados da área total de influência dos poços petrolíferos com a área total do bioma caatinga no município, comparando a área total desmatada devido à atividade petrolífera com a área do bioma.

Os mapas foram gerados no *software* ARCVIEW 3.2, a partir da soma de informações arquivos vetoriais criado para as áreas de influência dos poços petrolíferos em cada ano estudado, com o arquivo do perímetro urbano do município de Mossoró elaborado pelo SEDTEMA, limites municipais e limites estaduais, elaborados pelo IDEMA.

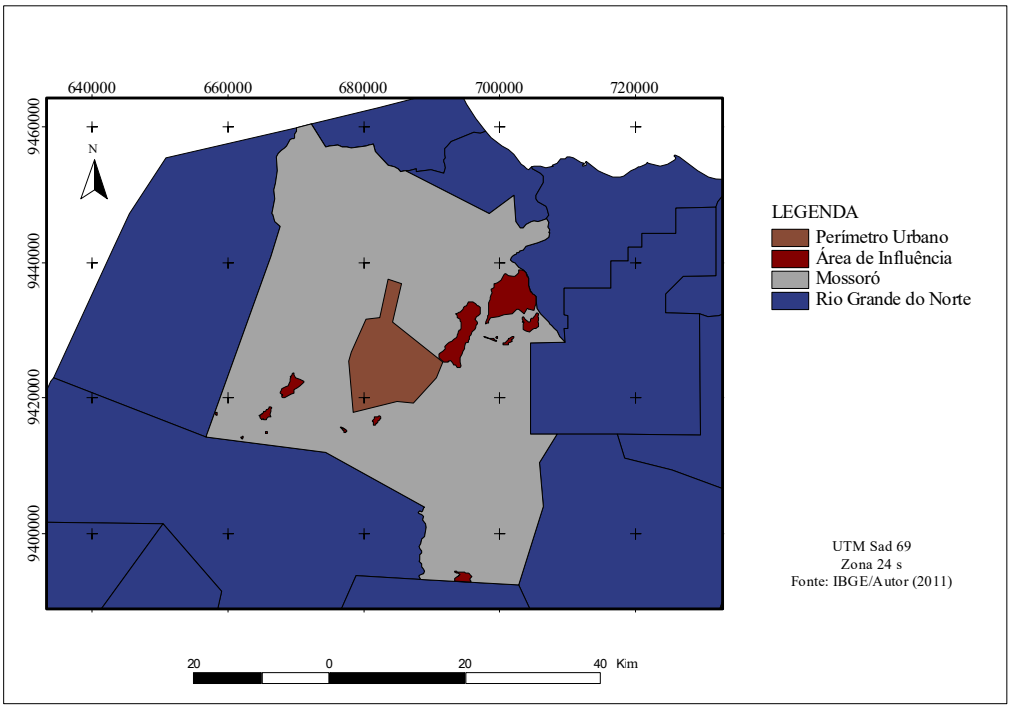
Resultados e Discussão

A Figura 3.1 apresenta o mapa das áreas de influência dos poços para o ano de 1993, pode-se verificar o total das áreas de ocupação até a o ano observado, podendo ser visto uma maior concentração da área de ocupação a leste e nordeste do perímetro urbano do município de Mossoró, essa maior concentração ocorre devido à localização de grandes áreas de exploração como o Canto do Amaro, que é considerado o maior produtor de petróleo em terra no país. No demais, pequenas áreas de influência a sul e sudoeste do perímetro urbano podem ser observadas, áreas em provável desenvolvimento da exploração petrolífera.



Fonte: Fig 3.1. Área de influência petrolífera no ano de 1993.

A Figura 3.2 mostra o mapa com as áreas de influência no ano de 2006, é possível observar um aumento das áreas já existentes no ano de 1993, observando também a obtenção de novas áreas de ocupação ao redor do perímetro urbano, podendo chegar à constatação da ocorrência de um pequeno aumento dos poços petrolíferos em um período de 13 anos.



Fonte: Fig 3.2. Área de influência petrolífera no ano de 2006.

A Figura 3.3 mostra o mapa das áreas de ocupação petrolífera para o ano de 2010, sendo possível observar um ligeiro aumento de áreas em relação a 2006, e a obtenção de novas áreas de ocupação espalhadas pelo município, como também o desaparecimento de algumas pequenas áreas, mostrando uma relevante mudança entre os anos de 2006 e 2010.

Quando analisada com a figura que mostra o ano de 1993, pode-se ver a grande diferença existente entre esses dois anos, a ocupação que antes se concentrava na região nordeste do município, agora se mostra mais distribuído em todo território municipal, deixando bastante claro a grande evolução da exploração petrolífera no município de Mossoró nos últimos 17 anos.

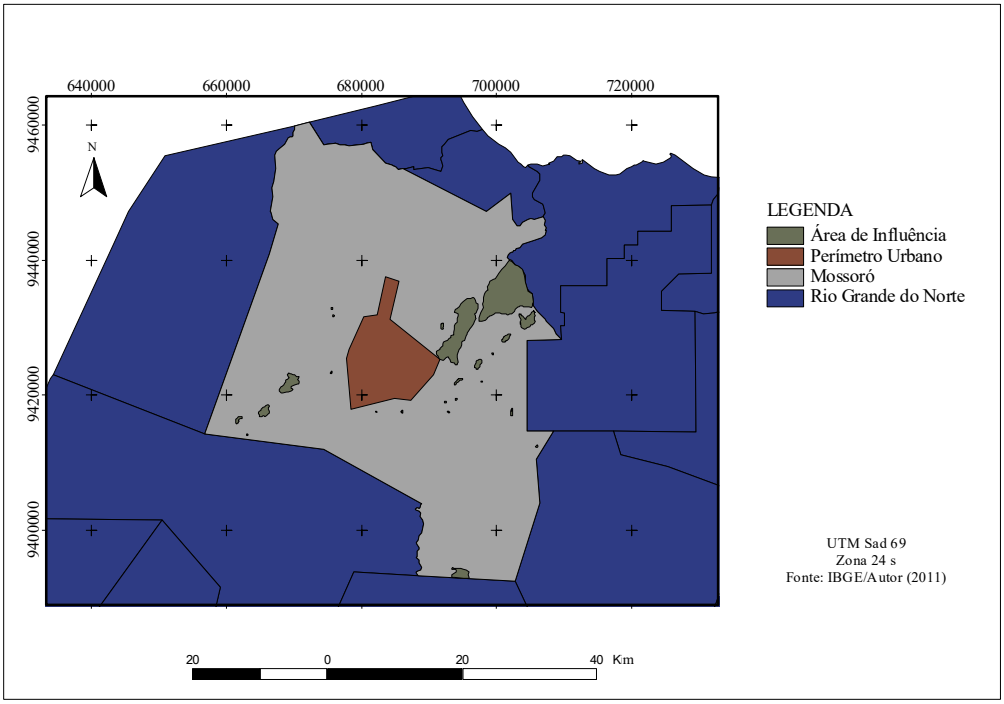


Figura 3.3 Área de influência petrolífera no ano 2010.

A Tabela 1 mostra os valores das áreas de influência em hectares e porcentagem, para seus respectivos anos.

Observa se que no primeiro ano alvo do estudo, em 1993, 3,0% da área territorial total do município já era ocupada pela atividade petrolífera, enquanto que em 2010, o ultimo ano estudado, mostrou que a ocupação territorial já era de 8,0%. Analisando ano por ano foi possível observar as diferenças ocorridas. A diferença existente entre os anos de 1993 e 2006, ou seja, em 13 anos mostrou-se muito pequena, 0,5% apenas, algo que não ocorre quando observada a diferença entre os anos de 2006 e 2010, onde é mostrado um aumento da ocupação de 4,5% no território municipal em um intervalo de apenas quatro anos, resultando em uma ocupação de 8,0% na área total do

município de Mossoró, 8.107 hectares de áreas ocupadas para a exploração da atividade petrolífera no município de Mossoró.

Tabela 1 - Número total das áreas de ocupação em cada ano.

Ano	Área de Influência (Ha)	Área de Influência (%)
1993	6480	3,0
2006	7012	3,5
2010	8107	8,0

Verificando-se a Tabela pode-se afirmar que, ocorreu um acréscimo de 1.627 ha de áreas exploradas pela perfuração de poço no município de Mossoró. Esses dados representam um crescimento percentual de 20 % durante os anos estudados. O que representa um incremento médio nas áreas de exploração petrolífera de 95 hectares ao ano, ou seja, aproximadamente 950.000 m^2, que entram em risco ambiental devido à exploração que se apresenta.

Conclusão

Verificou-se que a área de ocupação dos poços petrolíferos no município de Mossoró teve um crescimento ascendente no intervalo entre os anos de 2006 a 2010, um valor nove vezes maior que o aumento entre os anos 1993 a 2006 e quase a metade do aumento durante todo o período monitorado, implicando em uma alta taxa de crescimento da área de ocupação dos poços para exploração de petróleo, da ordem de 20%, o que leva a um proporcional aumento da área desmatada do bioma caatinga dentro dos limites municipais, podendo levar também a outros problemas inseridos no contexto ambiental da exploração de petróleo.

Cabe às autoridades responsáveis, julgar se o custo ambiental da exploração petrolífera é adequado para os rendimentos econômicos e sociais existentes, sabendo que o petróleo é um recurso de reservas limitadas e desta forma esgotável.

Porém o custo ambiental é distribuído pelos moradores e ocupantes da região ao longo dos anos, sendo necessário em muitos casos, a recuperação e o controle dos ecossistemas modificados e avariados. A situação pode ocasionar danos ambientais irrecuperáveis, entre os quais o desaparecimento de espécies endêmicas ou a redução da diversidade da fauna e flora locais.

Referências Biblioográficas

FONSÊCA, A. W. B.; SILVA, M. C. P.; **A Exploração do Petróleo e a Dinâmica Territorial no Município de Mossoró.** XVI ENG, disponível em: <http://www.agb.org.br/evento/download.php?idTrabalho=2624 >. Acesso em: 10/12/2010.

IDEMA. **Perfil do seu Município**. Natal: IDEMA, 2008. Disponível em: <http://www.idema.rn.gov.br/>. Acesso em 10/12/2010.

INPE. **Processamento Digital de Imagens**. São José dos Campos: INPE, 2000. Apostila, CD ROM.

MMA. **Monitoramento dos Biomas Brasileiros: Bioma Caatinga**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2010. Disponível em: < http://www.mma.gov.br> Acesso em 10/12/2010.

MEDEIROS, L. B. **Monitoramento da Cobertura Vegetal por Meio do Sensoriamento Remoto no Município de Apodi-RN entre 1999 e 2009**. Monografia. 38p. Mossoró. UFERSA, 2010.

MOREIRA, M. A.; ASSUNÇÃO, G. V. **Princípios Básicos, Metodologias e Aplicações de Sensoriamento Remoto na Agricultura**. São Jose dos Campos: INPE, 1984.

PETTA, R. A.; et al. **Uso do Geoprocessamento (SR e SIG) em Mapeamentos Ambientais de Áreas de Exploração de Petróleo na Bacia Potiguar (RN).** 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, disponível em: <http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/3/trabalhos/IBP0252_05.pdf>. Acesso em 10/12/2010

PRADO, D. 2003. As caatingas da América do Sul. In: I.R. Leal, M. Tabarelli & J.M.C. Silva (eds.). **Ecologia e Conservação da Caatinga**. pp. 3-73. Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.

ROCHA, A. B.; et al. **Mapeamento Geomorfológico da Bacia do Apodi-Mossoró - RN – NE do Brasil.** MERCATOR - Revista de Geografia, Ceará, v.08, n.16, p.201,agosto, 2009.

SAMPAIO, E. V. S. B. 1995. Overview of the Brazilian Caatinga. In: S.H. Bullock, H.A. Mooney & E. Medina (eds.). **Seasonally dry forests**. pp. 35-58. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.

TERRAVIEW 4.0.0. São José dos Campos, SP: INPE, 2010. Disponível em: <www.dpi.inpe.br/terraview>. Acesso em 10/12/2010

SPRING 5.1.7. São José dos Campos, SP: INPE, 2010. Disponível em: <www.dpi.inpe.br/spring>. Acesso em 10/12/2010.

MONITORAMENTO DO PROCESSO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS COM O USO DE GEOTECNOLOGIA

Artênio Cabral Barreto [1]
Débora Carla Barboza de Sousa [1]
Laize Batista de Medeiros [1]
Thiago Kennedy Gomes Costa [1]
Paulo Cesar Moura da Silva [1]
Marco Antônio Diodato [1]

[1] Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA
Francisco Mota, 572 -59625-900 - Costa e Silva, Mossoró – RN, Brasil

art_barreto@hotmail.com
deborabarboza9@gmail.com
laize.medeiros@hotmail.com
thiagocost@hotmail.com
paulo.moura@ufersa.edu.br
diodato@ufesa.edu.br

Resumo. A atividade de exploração de petróleo em terra gera diversos impactos ambientais, tanto positivos quanto negativos. Dentre os impactos negativos podemos citar o desmatamento e a compactação do solo, ambos causados pela retirada do cascalho para construção de acessos e bases de poços. Como forma de compensar tais impactos, os órgãos ambientais competentes obrigam as empresas que causam o desmatamento a recompor as áreas degradadas como uma medida compensatória. O acompanhamento dos resultados dessa atividade de recuperação é muitas vezes inexistente ou conduzido de maneira assistemática. O emprego de indicadores adequados facilita a compreensão e a interpretação dos resultados da recuperação para diferentes categorias de interessados, como empresários, agentes públicos e a comunidade em geral além de gerar uma série de informações que poderão ser utilizadas na recomposição florística de outras áreas da Caatinga. Devido a sua grande dimensão se faz necessário que a empresa mantenha um controle do seu processo de recuperação e tenha subsídios para comprovar que o seu trabalho de recuperação está sendo realizado. O presente trabalho tem como objetivo possibilitar a implementação de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) para o diagnóstico, controle e monitoramento de áreas degradadas em recuperação e aquelas que ainda vão ser recuperadas, possibilitando assim o reconhecimento espacial e gestão futura da área em estudo.

Palavras chaves: Degradação Ambiental. Sistema de Informações Geográficas (SIG). Indicadores Ambientais de Recuperação.

Abstract. The activity of oil exploration on land creates several environmental impacts, both positive and negative, of the negative impacts can be mentioned deforestation, soil compaction, caused by the exploitation of gravel, for construction of bases and access to wells. To offset this impact the relevant environmental authorities, forcing firms that cause deforestation to restore degraded areas as a compensatory measure. The monitoring result of the recovery activity is often conducted in a non-existent or unsystematic. The use of appropriate indicators facilitates understanding and interpreting the results of recovery for different categories of stakeholders such as government agents, and the wider community and generates a lot of information that could be used in the revegetation of other areas of the Caatinga. Due to its large size is necessary that the company keep track of their recovery process and make grants to prove that their restoration work is being performed. This work aims to enable the implementation of a Geographic Information System (GIS) for the diagnosis and monitoring of degraded areas in recovery and those who are yet to be recovered, thus enabling the spatial recognition and future management of the study area

Key-words: Environmental Degradation. Geographic Information System. Environmental Indicators of Recovery.

1. Introdução

O rápido crescimento da população mundial nas últimas décadas levou a necessidade de um grande aumento na produção agropecuária e mineraria, sendo necessária a utilização de novas tecnologias e a conquista de novas fronteiras. O Estado do RN tem revelado atualmente uma vocação para a utilização de certos materiais industriais, a saber: materiais de construção, rochas carbonáticas, materiais cerâmicos, gemas e minerais de pegmatitos, (COSTA; OLIVEIRA, 2004, P.14). Segundo Kopezinski et al. (2000) afirma ser inegável que a mineração assuma importância decisiva para o desenvolvimento no mundo moderno. Contudo, tem-se observado efeitos negativos, principalmente com a degradação de ecossistemas, até então estáveis e harmônicos.

Todo o ato de minerar, tanto a céu aberto como subterrâneo, causa consideráveis danos ao meio ambiente, modificando o terreno. A mineração degrada o terreno, sendo que este pode ser reestruturado de forma aceitável, limitando o impacto ambiental negativo a um curto período de tempo. A reestruturação ou recuperação deve ser objeto de preocupação e de ação imediata a partir do início de exploração da jazida, até o término da atividade de mineira no local.

A Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto Nº 99.274/90, dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. Em seu Art. 4º, afirma que a Política Nacional do Meio Ambiente visará: VII - (..) obrigação de recuperar e/ou

indenizar os danos causados e, ao usuário da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos. A Legislação Federal de meio ambiente estabelece as diretrizes gerais para o licenciamento, o controle, a auditoria, a compensação, a educação ambiental, e o monitoramento de forma que seja efetuado o uso sustentável dos recursos naturais.

Esse monitoramento pode ser feito mediante o uso de indicadores de desempenho. Para isso, devem ser recolhidos parâmetros que forneçam uma informação agregada e sintética sobre algum aspecto da própria vegetação ou do solo. Através desses, pode-se verificar a eficiência da cobertura vegetal na proteção dos solos, contra erosão, a produtividade dos ecossistemas ou mesmo sua função como refúgio da vida silvestre.

Segundo Rodrigues e Gandolfi, (2000) as técnicas de restauração têm sido desenvolvidas a partir do conhecimento científico obtido em áreas naturais restauradas e ajuda a compreender os mecanismos que levam à formação das comunidades. Com isso, o monitoramento e a construção de um banco de dados com informações das comunidades que se formam em áreas restauradas é muito importante, devendo ser efetuado para permitir a correção de eventuais problemas e para a criação de uma base que auxilie na avaliação e refinamento das estratégias de restauração de áreas degradadas, principalmente no bioma Caatinga, devido a falta de informações sobre o processo de recuperação e também pela fragilidade desse bioma.

Prado (2003) explica que dentre as florestas tropicais e subtropicais, cerca de 40% correspondem a florestas secas. Oldeman e Lynden, (1998) complementam que a caatinga forma um dos ecossistemas mais explorados e degradados do mundo. Brown e Lugo, (1990) calcula que nos países tropicais a área desmatada ou de floresta secundária (2 bilhões de hectares) supera a de floresta primária (1,8 bilhão de hectares).

Idealmente, os indicadores de desempenho deveriam ser objetivos, facilmente mensuráveis, reprodutíveis e passíveis de serem obtidos a baixo custo. Uma das vantagens do uso de indicadores é que possibilitam fácil compreensão e interpretação dos dados por parte de diferentes categorias de interessados, como empresários, agentes públicos e comunidade em geral.

Existem inúmeros parâmetros que podem ser utilizados como indicadores, mas o grande desafio é desenvolver ou adaptar critérios validos para monitorar e avaliar a funcionalidade e evolução da área, bem como discriminar os que forneçam as informações desejadas com exatidão e a custos aceitáveis. O uso de SIG se mostra como uma possível solução para esses problemas.

Câmara (1993) ressalta que os SIGs são sistemas cujas principais características são: integrar, em uma única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e de cadastro urbano e rural, imagens de satélite, dados e modelos numéricos de terreno; combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação, para gerar mapeamentos derivados.

O presente trabalho tem como objetivo a implementação de um SIG, para controle e monitoramento do processo de recuperação de áreas degradadas.

2. Materiais e Métodos

Para o seu desenvolvimento, este trabalho foi dividido em três fases de execução, que são a aquisição das bases de dados, o levantamento das informações em campo e manipulação dos dados nos SIG´s Terra View 4.0 (INPE, 2011, a) e SPRING 5.1(INPE, 2011, b).

2.1 Aquisição das bases de dados:

Nesta fase de execução do trabalho foram adquiridos os bancos de dados espaciais em formato *Shapesfile,* de algumas jazidas da empresa, que foram utilizadas e estavam para serem recuperadas, além de *Shapes* das estradas construídas pela empresa, estradas estaduais e federais. Também foram coletadas informações sobre a vegetação que se encontrava no entorno da jazida (*Levantamento Florístico*) sendo essas informações coletadas nos Relatórios de Controle Ambiental - RCA de cada uma das jazidas.

2.2 Levantamento das informações em campo:

Para servir como modelo e de demonstração do banco de dados a ser criado, foram escolhidas duas jazidas, denominadas de A e B, passíveis de recuperação. Elas foram delimitadas com o auxílio de um GPS de navegação, onde se demarcou o seguinte, a real área degradada que cada uma apresentava, a localização das árvores ainda existentes e locais que foram utilizados para a deposição de pedras. Na jazida A foi feito um levantamento ainda mais detalhado da sua área de recuperação, foi levantado o nome da espécie plantada, localização e situação (viva ou morta) de cada uma das mudas que foram introduzidas, além de identificar as espécies espontâneas. Foram também tiradas algumas fotos das respectivas mudas para serem anexadas ao banco de dados e servir de comparação nos anos seguintes.

2.3 **Manipulação dos dados**:

Depois do levantamento de todas as informações necessárias para a criação do banco de dados foi utilizado o SIG SPRING 5.1, para tratamento dessas informações, para que dai pudessem ser enviadas para o SIG Terra View, sendo este de mais fácil manipulação e

interpretação das informações. Através das coordenadas de GPS coletadas em campo foi possível delimitar as áreas degradadas dentro das jazidas A e B. No SPRING 5.1 foi criado um banco de dados referente ao processo de recuperação que estava sendo realizado na jazida A, com informações como nome da espécie, localização na área e se a muda estava viva ou morta, além de outras.

3. Resultados e Discussão

Com a criação do banco de dados sobre o processo de recuperação foi possível gerar os mapas sobre as diferentes variáveis apresentadas na área. A Figura 1 representa um mapa gerado da jazida A, com a localização de cada muda viva e a espécie identificada através de um gradiente de cores, sendo que neste não foram acrescidas as espécies espontâneas.

Com a delimitação das áreas que estavam realmente degradadas nas jazidas, foi possível fazer uma previsão de quanto se vai gastar em um ano posterior com o processo de recuperação, já que tendo idéia da dimensão das áreas, será possível saber o quanto de mudas e fertilizantes devem ser adquiridos.

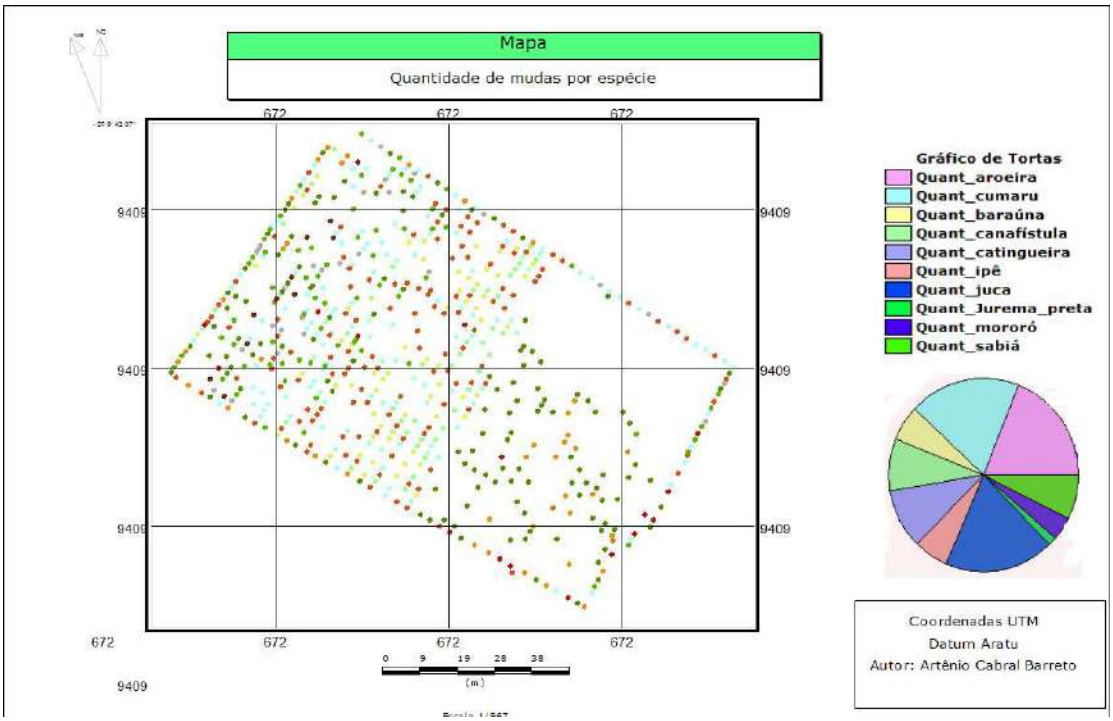


Figura 1 – Mapa da jazida A, com identificação das espécies.

Fonte: Barreto, 2010

Através da observação do mapa é possível identificar que, dentre as 10 espécies plantadas, apenas 3 dessas representa mais de 50 % das mudas vivas, sendo estas a aroeira, cumaru e o Juca.

Com isso pode-se concluir que para as condições apresentadas, essas 3 espécies apresentam um melhor resultado comparado as demais, enquanto outras como o Ipê e Sabiá apresentaram poucas mudas viva.

Outro fator que pode ser observado no mapa (Figura 1) é que em alguns locais na parte de baixo da área as mudas obtiveram um baixo índice de sobrevivência, como elas estão submetidas as mesmas condições de clima, provavelmente essa baixa sobrevivência seja explicada por a algum fator limitante no solo, sendo que na parte superior direita da área onde apresenta uma grande parte sem a presença de mudas é explicada pelo fato de que aquela área apresenta uma depressão e fica inundada em períodos de chuva.

Essas informações sobre as espécies que apresentaram uma maior e menor resistência podem ser usadas no processo de recuperação de outras áreas, ou mesmo de estudo sobre o processo de recuperação. Com isso sabendo quais as espécies mais resistentes, essas podem ser usadas na etapa inicial de recuperação, onde as condições do solo estão menos favoráveis ao plantio, sendo as outras espécies plantadas, nas etapas seguintes de recuperação. Com isso pode se obter uma diminuição nos gastos na recuperação de áreas.

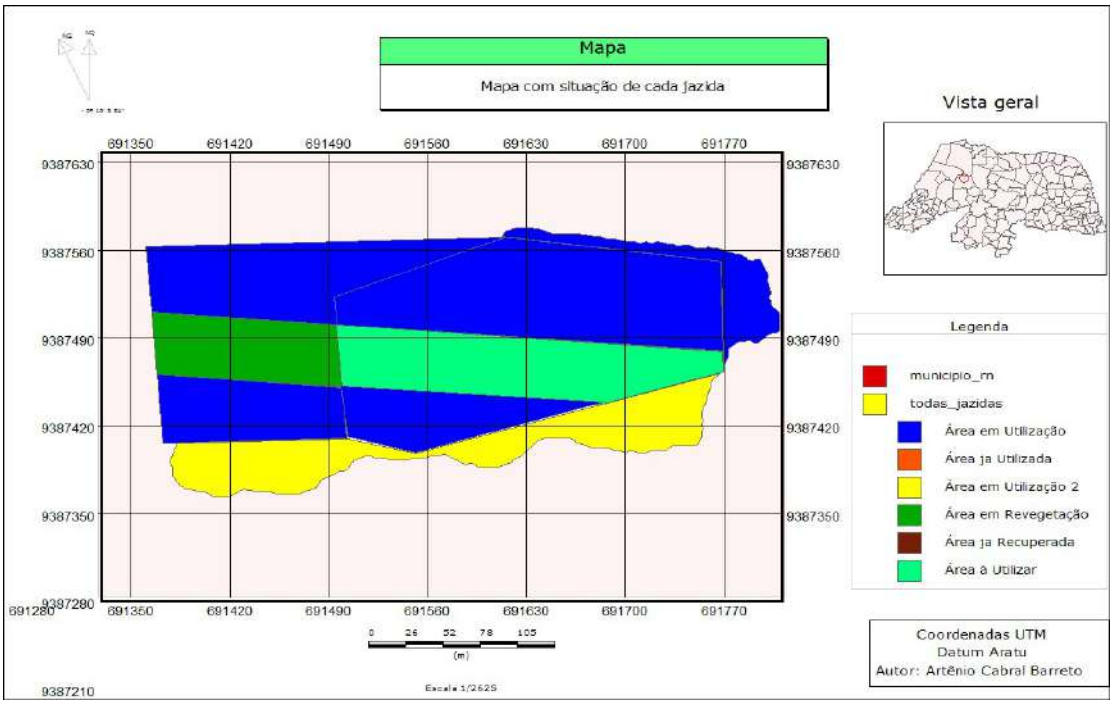


Figura 2 – Mapa com Situação de cada área

Fonte: Barreto, 2010

A Figura 2 contém outro mapa, onde neste se apresenta a situação de varias áreas, mostrando se ela esta em utilização, se é uma área já utilizada, se esta em fase de reflorestamento, se é uma

área recuperada ou se é uma área a utilizar. Verifica-se na figura, ainda, o mapa de localização indicando a localização da respectiva jazida, no estado do Rio Grande do Norte.

Através do SIG podem-se fazer consultas em cada ponto, referente a uma muda e ter informações referentes a ela, como a espécie que se encontra no local, se ela esta viva ou morta, ou uma imagem como mostra a Figura 3.

Estas informações vão ajudar tanto no acompanhamento do processo de recuperação pelos responsáveis, mesmo estes estando em outras localidades, sendo necessário apenas que eles tenham acesso ao banco de dados. Essas informações também vão servir de subsídios para a recuperação de outras áreas no semi-árido Brasileiro, mostrando quais as espécies mais resistentes, em cada situação, qual apresenta o melhor desenvolvimento, com o decorrer dos anos.

Outras informações podem ainda ser anexadas para uma possível comparação com dados futuros como, diâmetro de caule, numero de folhas altura da planta, além de informações sobre as características físicas do solo.

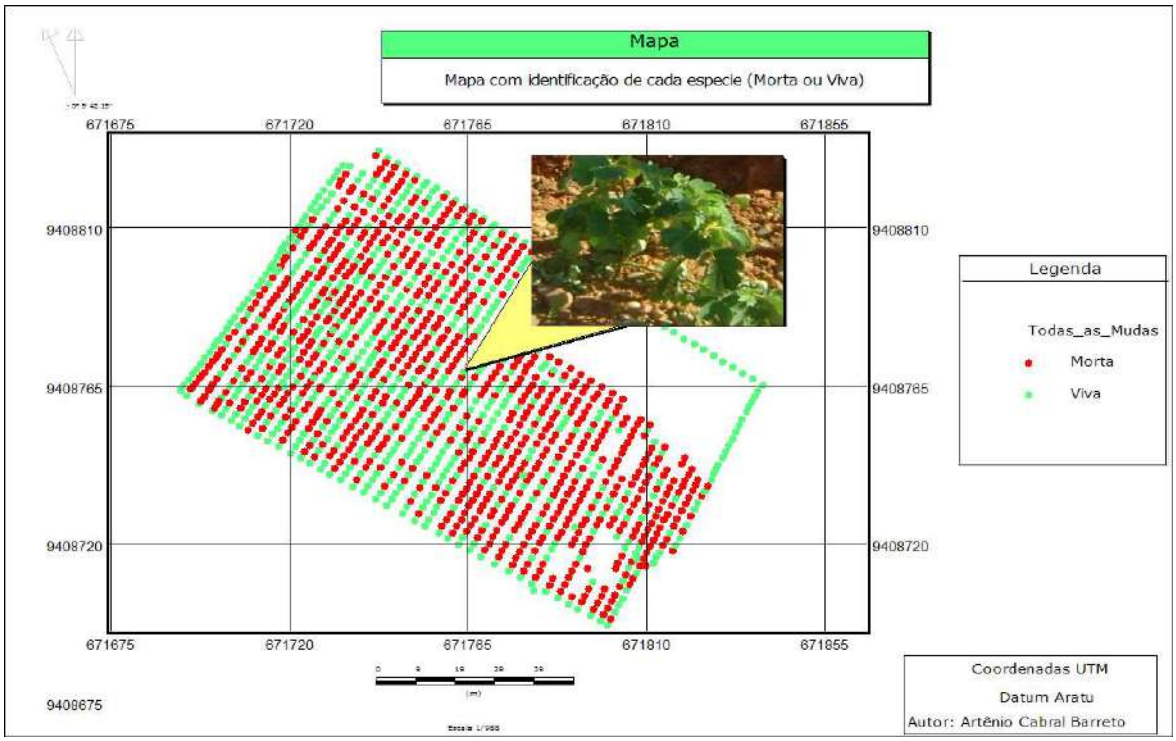


Figura 3 – Mapa da jazida A, com foto de uma das mudas.
Fonte: Barreto, 2010

Com o presente trabalho foi apresentado a viabilidade dos seguintes aspectos:

- Integrar, em uma única base de dados, informações representando vários aspectos do estudo das áreas em questão, permitindo a entrada de dados oriundos de diferentes sistemas geradores (digitalização, imagens de satélite, GPS, etc. .);
- Combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação, gerando novos tipos de informação;
- Gerar relatórios e documentos gráficos de diferentes tipos;
- Dar subsídios para que se possa avaliar o processo de recuperação de áreas degradadas através de indicadores;
- Avaliar a evolução das ações realizadas nas áreas degradadas pela Empresa;
- Gerar uma previsão realística de gastos com passivo ambiental;
- Possibilitar o acompanhamento do processo de recuperação por parte dos coordenadores, mesmo estes estando em localidades distantes.

4. Conclusões

É fundamental destacar a necessidade de cada vez mais se desenvolver projetos e estudos voltados para o manejo e conservação da caatinga e sua recuperação, pois é notória a necessidade de se obter mais informações que possam contribuir para a recuperação da nossa fauna e flora, sendo este um aspecto limitante para o processo de recuperação ambiental.

Com o uso da ferramenta SIG, foi possível mostrar como seria feito o monitoramento e diagnostico do processo de recuperação de áreas degradadas realizado pela empresa, possibilitando o acompanhamento do processo por superiores, e gerando relatórios e estimativas de gastos com passivo ambiental para a empresa, conseqüentemente reduzindo os custos com o processo de recuperação. Além de gerar informações sobre o processo de recuperação da caatinga servindo como fonte de pesquisa para a sociedade e órgãos públicos e privados, contribuindo assim para a preservação do nosso bioma.

Os resultados obtidos demonstram, até o presente momento, ser possível, completamente viável e importante o uso da ferramenta de SIG e geotecnologias para diagnóstico e monitoramento do processo de recuperação realizado pela empresa envolvida, podendo ainda ser empregado por outros órgãos.

Referências:

Brasil. **Decreto Nº 99.274/90**. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/antigos/d99274.htm > acesso em : 01 nov. 2010.

BROWN, S ; LUGO, A. E. Tropical secondary forests. **Journal of Tropical Ecology**, v.6, n.1, p.1-32, 1990.

CÂMARA, G. **Anatomia de Sistemas de Informações Geográficas**: visão atual e perspectivas de evolução. In: ASSAD, E., SANO, E., ed. Sistema de Informações geográficas: aplicações na agricultura. Brasília, DF:Embrapa, 1993.

COSTA, E. M. ; OLIVEIRA , J. M. **Proposta de diretrizes para uma política do setor mineral do RN.** 2004. 53p.

KOPEZINSKI, ISAAC. **Mineração e Meio Ambiente**: Considerações legais, principais impactos ambientais e seus processos modificadores. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Ed. da Universidade, 2000

OLDEMAN, L. R. e LYNDEN, G. W. J. Revisiting the GLASOD methodology. In: LAL, R.; BLUM, W.H.; VALENTINE, C. e STEWAR T, B.A., eds. **Methods of assessment of soil degradation**. New York, CRC Press, p.423-440. 1998.

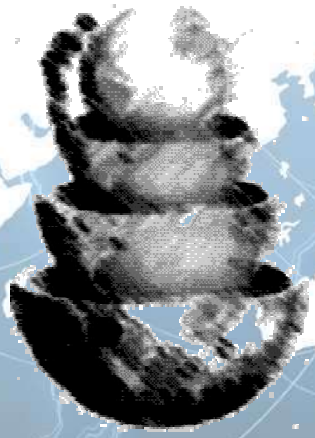
PRADO, D. E. As Caatingas da América do Sul. In: LEAL, R. I.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. da. **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003, 823p.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R. R; LEITÃO-FILHO, H. F., Eds. **Matas Ciliares: Conservação e recuperação**. São Paulo: Universidade de São Paulo: Fapesp, cap. 15, p.233- 247. 2000.

SPRING 5.1.7. São José dos Campos, SP: INPE, 2010. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/spring/. Acesso em: 09/04/2011. (b)

TerraView 4.0.0. São José dos Campos, SP: INPE, 2010. Disponível em: www.dpi.inpe.br/terraview. Acesso em: 09/04/2011. (a)

Gestão dos Recursos Hídricos e Planejamento Ambiental



Juliana Maria Oliveira Silva
Edson Vicente da Silva
Giovanni Seabra
José Manuel Mateo Rodriguez
(organizadores)

Gestão dos Recursos Hídricos e Planejamento Ambiental

Juliana Maria Oliveira Silva
Edson Vicente da Silva
Giovanni Seabra
José Manuel Mateo Rodriguez
(organizadores)

Editora Universitária da UFPB
João Pessoa – PB
2010

Universidade Federal da Paraíba
Reitor
RÔMULO SOARES POLARI
Vice-Reitora
Maria Yara Campos Matos

EDITORA UNIVERSITÁRIA
DIRETOR
José Luiz da Silva
Vice-diretor
José Augusto dos Santos Filho

Gestão dos Recursos Hídricos e Planejamento Ambiental, 2010.

G393 Gestão dos recursos hídricos e planejamento ambiental / Juliana Maria Oliveira Silva... [et al.] (Organizadores).- João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, 2010.

xxxp.

ISBN: 978-85-7745-555-3

1. Recursos hídricos – gestão. 2. Recursos hídricos – plane-jamento ambiental. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Silva, Juliana Maria Oliveira. II. Silva, Edson Vicente da. III. Seabra, Giovanni. IV. Rodriguez, José Manuel Mateo.

ISBN 978-85-7745-555-3

Nota: Este livro é resultado do II Workshop Internacional sobre Planejamento e Desenvolvimento Sustentável em Bacias Hidrográficas realizado pelo Departamento de Geografia, da Universidade Federal do Ceará; no período de 24 a 29 de agosto de 2009.

As opiniões externadas nesta obra são de responsabilidade exclusiva dos seus autores.

Sumário

Resenha do II Workshop Internacional sobre Desenvolvimento Sustentável em Bacias Hidrográficas..... 11
José Manuel Mateo Rodriguez
Edson Vicente da Silva

Experiências de planejamento ambiental en Brasil usando la concepción de la Geoecologia de los Paisajes..... 14
José Manuel Mateo Rodriguez
Antônio César Leal
Maira Celerio Chaple
Edson Vicente da Silva

GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS **28**

O rio Longá e os territórios: cocais e carnaubais como forma de uso econômico..... 29
Accyolli Rodrigues Pinto de Sousa
José Luis Lopes Araújo
Roberta Celestino Ferreira

Modelagem dinâmica de escoamento superficial: bacia hidrográfica do Pontal – Pernambuco..... 36
Ailton Feitosa
José Alegnoberto Leite Fechine

Aplicação da metodologia do DFC na microbacia do Município de Luís Gomes – RN. 34
Alexsandra Bezerra da Rocha
Paulo César Moura da Silva
Ramiro Gustavo Valera

As enchentes na BHRP – bacia hidrográfica do rio do Peixe, os sistemas atmosféricos e os eventos climáticos intensos..... 53
Aloysio Rodrigues de Sousa

Gestão territorial em bacias hidrográficas e sua importância para a sustentabilidade ambiental..... 61
Andréa Bezerra Crispim
Marcos José Nogueira de Souza

Poços jorrantes do vale do rio Gurgéia (PI): caracterização de um espaço marcado pelo desperdício hídrico..... 68
Antônio Joaquim da Silva
Alex Bruno Ferreira Marques do Nascimento
Daniel César Meneses de Carvalho
Reuryssom Chagas de Sousa Morais

Estuário do rio Acaraú (CE): aspectos ambientais e condições de uso e ocupação... 76
Aurilea Bessa Alves
Lidriana de Souza Pinheiro
Morsyleide de Freitas Rosa

Contexto hidroclimatológico da bacia do médio Jaguaribe – CE..... 83
Cleuton Almeida Costa
Lidriana de Souza Pinheiro

A bacia do baixo Poti e as hortas comunitárias da zona norte de Teresina (PI): sistemas multifuncionais e desenvolvimento local..... 92
Daniel César Meneses de Carvalho
Alex Bruno Ferreira Marques do Nascimento
Antônio Joaquim da Silva
Charlene de Sousa e Silva
Maria do Socorro Lira Monteiro

Balanço hídrico do alto curso do rio Acaraú – CE..... 99
Ernane Cortez Lima

Aplicação do geoprocessamento em cenários de inundação na bacia hidrográfica do rio Anil, São Luís – MA..... 106

Fabíola Geovanna Piga
Tatiana Cristina Santos de Castro
Paula Verônica Campos Jorge Santos
Franceleide Soares Conceição
Avaliação da eficiência do uso da água em sistema de irrigação no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, Ceará..... 114
Fernando Bezerra Lopes
Nayara Rochelli de Sousa Luna
Francisco Antônio de Oliveira Lobato
Maria Jorgiana Ferreira Dantas
Elinelton de Sousa Mesquita
Gestão de bacias hidrográficas e dinâmica hidrológica no nordeste do semi-árido brasileiro..... 122
Flávio Rodrigues do Nascimento
Caracterização morfométrica da sub-bacia hidrográfica do rio Boa Hora, Urbano Santos – MA..... 128
Franceleide Soares Conceição
Tatiana Cristina Santos de Castro
Fabíola Geovanna Piga
Suzana Araújo Torres
Irlan Castro Reis
Discussão sobre modelo tarifário pelo uso da água bruta..... 133
Francisco Wellington Ribeiro
José Carlos de Araújo
O rio Apodi e a inundação de 2004 na área central da cidade de Pau dos Ferros – RN..... 140
Franklin Roberto da Costa
Raquel Franco de Souza Lima
Açude Santo Anastácio: um estudo de caso..... 148
Helena Becker
Daniele Bras Azevedo
Renata de Oliveira Silva
Uso do IQA – CETESB na gestão da barragem Ayres de Souza..... 153
Jean Leite Tavares
Maria Vânisse Borges de Matos
Vicente Lopes de Frota
Análise da qualidade da água do riacho Maceió em Varjota – Fortaleza/CE: implicações na gestão ambiental e formas de uso..... 160
Judária Augusta Maia
João Capistrano de Abreu Neto
Mariana Monteiro Navarro
Análise dos indicadores de sustentabilidade dos perímetros irrigados das bacias do baixo Acaraú e Curu..... 167
Kelly Nascimento Leite
Rochelle Sheila Vasconcelos
Luís de França Camboim Neto
Raimundo Nonato Farias Monteiro
Diagnóstico das condições ambientais do rio Parnaíba – PI..... 175
Laryssa Sheydder de Oliveira Lopes
Livânia Norberta de Oliveira
A importância do gerenciamento dos recursos hídricos no município de São João da Fronteira – Piauí..... 182
Livânia Norberta de Oliveira
Laryssa Sheydder de Oliveira Lopes
Estudos integrados em micro bacias hidrográficas da região do Jaguaribe: contexto geoambiental..... 187
Maria Araci Mendes
Flávio Rodrigues do Nascimento

A sub-bacia do médio vale do rio Jaguaribe: fatores do potencial ecológico e da exploração biológica..... 192
Maria Daniely Freire Guerra
Marcos José Nogueira de Souza
Jacqueline Pires Gonçalves Lustosa
Estimativa de escoamento superficial na bacia do rio Granjeiro, Crato – CE..... 201
Maria Jorgiana Ferreira Dantas
Fernando Bezerra Lopes
José Vidal de Figueiredo
Francisco Antônio de Oliveira Lobato
José Carlos de Araújo
Degradação ambiental e impactos da salinização dos solos: desertificação nos perímetros irrigados Araras Norte e Baixo Acaraú, na bacia hidrográfica do rio Acaraú – CE..... 209
Maria Losângela Martins de Sousa
Flávio Rodrigues do Nascimento
Aspectos do uso do solo e impactos ambientais na bacia hidrográfica do rio do Peixe..... 217
Paulo Victor Paz de Sousa
Marcelo Henrique de Melo Brandão
Avaliação morfométrica de um trecho do médio curso do rio Pacoti – CE..... 226
Pedro Henrique Balduino de Queiroz
Mara Celina Linhares Sales
Condições de uso e ocupação e degradação ambiental do rio Apodi – Mossoró no trecho urbano da cidade de Mossoró – RN..... 234
Rodrigo Guimarães de Carvalho
Teores de alumínio trocável e percentual de saturação em uma área inserida na bacia Coreaú..... 242
Raimundo Nonato Farias Monteiro
Adrissa Mendes Figueiró
Kelly Nascimento Leite
V. da S. Lacerda
Messejana: uma discussão dos problemas sócioambientais..... 246
Raimundo Rodrigues dos Santos Júnior
Paulo Roberto Silva Pessoa
Auriela Bessa Alves
Contribuições da análise geoambiental integrada ao gerenciamento de recursos hídricos em micro-bacia hidrográfica – Região Jaguaribana, Ibicuitinga – CE..... 252
Rosilene Aires
Flávio Rodrigues do Nascimento
Índice de degradação ambiental da bacia hidrográfica do arroio do Padre Ponta Grossa – PR..... 259
Sérgio Ricardo Rogalski
Karina Dolazoana
Thiago Felipe Schier de Melo
Sílvia Méri Carvalho
Avaliação temporal do processo de expansão urbana na bacia hidrográfica do rio Anil, São Luís – MA..... 269
Suzana Araújo Torres
Tataina Cristina Santos de Castro
Franceleide Soares Conceição
Fabíola Geovanna Piga
Janaína Mendes Barros
Caracterização do relevo e sua influência no escoamento superficial na bacia hidrográfica do rio Bacanga, São Luís – MA..... 274
Tatiana Cristina Santos de Castro
Franceleide Soares Conceição

Suzana Araújo Torres
Janaína Mendes Barros
Carla Danielle Paixão Melo

PLANEJAMENTO AMBIENTAL **278**

Estuário do rio Paraíba: dinâmica ambiental e ocupação territorial..... 279
Giovanni de Farias Seabra

Avaliação de fatores de produção com uso de tensiômetro em uma área pertencente a bacia do Coreaú – CE..... 290
Adrissa Mendes Figueiró
Raimundo Nonato Farias Monteiro
Kelly Nascimento Leite
V. da S. Lacerda

O aterro sanitário de Aquiraz e o lixão de Cascavel sob o ponto de vista da gestão ambiental..... 294
Alan Ripoll Alves
Claúdia Maria Pinto da Costa
Clayton Tapety do Carmo
Edson Vicente da Silva
Francisco Leonardo Tavares

Análise de co-relação entre o tamanho da frota de ônibus de transporte público e os índices de poluição atmosférica entre 2000 e 2001 em Fortaleza – Ceará..... 302
Alan Ripoll Alves
Claúdia Maria Pinto da Costa
Clayton Tapety do Carmo
Edson Vicente da Silva
Francisca Ione Chaves

Caracterização de impactos ambientais na lagoa do Acaracuzinho – Maracanaú / CE..... 308
Alana de Aquino Cajazeira
Juliana Felipe Farias

O currículo escolar e a relação sociedade-natureza no desenvolvimento do semi-árido..... 315
Alexandra Maria de Oliveira
Edson Vicente da Silva
Raimundo Castelo Melo Pereira
Maria Elia dos Santos Vieira
Francisco Davy Braz Rabelo

O processo de urbanização e implicações ambientais sobre os recursos hídricos em Teresina – Piauí..... 324
Antônio Joaquim da Silva
Charlene de Sousa e Silva
Daniel César Meneses de Carvalho
Reuryssom Chagas de Sousa Morais

Desenvolvimento local e planejamento ambiental: extrativismo sustentável em área de babaçual piauiense..... 330
Antônio Joaquim da Silva
José Luís Lopes Araújo
Charlene de Sousa e Silva
Daniel César Meneses de Carvalho
Reuryssom Chagas de Sousa Morais

Avaliação da dinâmica de macronutrientes e sua influência na biomassa algal do açude Acarape do Meio – Região Metropolitana de Fortaleza – CE..... 338
Carlos Henrique Andrade Pacheco
Sâmara Kersia Melo Sales
Raimundo Bemvindo Gomes
Beatriz Susana Ovruski de Ceballos
Walt Disney Paulino

Análise das alterações climáticas em Manaus no século XX..... 348

Carlossandro Carvalho de Albuquerque
Francisco Evandro de Aguiar
Edson Vicente da Silva
Análise integrada em bacias hidrográficas..... 362
Cícera Angélica de Castro dos Santos
Edson Vicente da Silva
Fatores Abióticos e Bióticos que influenciam o planejamento ambiental da área do Parque Nacional da Serra da Capivara – PI..... 368
Christiane Carvalho Neres
Jorge Luís Paes de Oliveira Costa
Agostinho Paula Brito Cavalcante
Praia do Icaraí (RMF) – um diagnóstico urbano ambiental..... 375
Claúdia Wanderley Pereira de Lira
Impactos sócioambientais na vila Irmã Dulce – Terezina / Piauí..... 380
Denílson da Silva Rocha
Luzia Ferreira Cavalcante
Marcos Daniel Neves da Silva
Os impactos sócioambientais no Parque Estadual do Cocó em Fortaleza – Ceará: especulação imobiliária, lazer e turismo..... 384
Eudes André Leopoldo de Souza
Frederico de Holanda Bastos
Luzia Neide Menezes Teixeira Coriolano
Identificação de áreas susceptíveis à desertificação em bacia intermitente sazonal no semi-árido brasileiro..... 390
Flávio Rodrigues do Nascimento
Geoprocessamento aplicado na caracterização do uso e ocupação do solo na sub-bacia hidrográfica do rio Boa Hora, Urbano Sanots, MA..... 398
Franceleide Soares da Conceição
Tatiana Cristina Santos de Castro
Suzana Araújo Torres
Fabíola Geovanna Piga
Irlan Castro Reis
Análise do Sítio Urbano e subsídios ao planejamento de uso do solo de Pacoti – CE. 403
Francisca Leiliane Sousa de Oliveira
Frederico de Holanda Bastos
Maria Lúcia Brito da Cruz
Critérios para a criação e implantação de unidades de conservação no Estado do Ceará..... 408
Helena Stela Sampaio
Edson Vicente da Silva
Consequências sócioambientais da urbanização de Maranguape (CE): usos e consumos dos ambientes hídricos..... 416
Ícaro Cardoso Maia
Avaliação do fluxo dos nutrientes inorgânicos dissolvidos no exutório do rio Paciência, São Luís – MA..... 422
Janaína Mendes Barros
Odilon Teixeira de Melo
Tatiana Cristina Santos de Castro
Raíssa Neiva Martins
Suzana Araújo Torres
Aplicação da análise estrutural da cobertura pedológica nos estudos de desertificação na microbacia hidrográfica do rio Missi – Irauçuba – CE..... 426
Jacqueline Pires Gonçalves Lustosa
José Gerado Beserra de Oliveira
Identificação de áreas irrigadas com águas subterrâneas nos aquíferos Açu e Jandaíra com o uso de GIS e Sensoriamento Remoto..... 430
João Sílvio Dantas de Morais
Zulene Almada Teixeira

Gestão dos Recursos Hídricos e Planejamento Ambiental, 2010.

José Alves Carneiro
Léo Ávila França
Luciana Souza Toniolli
Caracterização faunística, florística e impactos ambientais – Parque Nacional da Serra da Capivara – Município de São Raimundo Nontato – Pauí..... 439
Jorge Luís Paes de Oliveira Costa
Agostinho Paula Brito Cavalcanti
Zoneamento Ambiental para o Monumento Natural das Falésias de Beberibe – Ceará..... 446
Juliana Maria Oliveira Silva
Edson Vicente da Silva
Estação Ecológica do Castanhão – CE: Proposta de Gestão Ambiental..... 454
Liana Mara Mendes de Sena
Análise dos principais fatores potenciais de degradação das unidades de conservação de Sabiaguaba (Fortaleza – Ceará)..... 459
Lílian Sorele Ferreira Souza
Edson Vicente da Silva
Vulnerabilidade Ambiental da bacia do baixo Mundaú (AL)..... 467
Maria Cléa B. de Figueiredo
Vicente de P.B.B. Perreira
Suetonio Mota
Morsyleide de F. Rosa
Samuel Antônio Miranda de Sousa
Oficinas Geográficas no contexto da formação docente: em debate a interdisciplinaridade no curso de licenciatura em Geografia da UFC..... 476
Maria do Céu de Lima
Adriana Marques Rocha
Estudo integrado dos fatores geoambientais da bacia do rio Cocó – CE..... 486
Maria do Socorro Pereira Diógenes
Edson vicente da Silva
Perfil socioeconômico de famílias inseridas nas áreas de risco da bacia do rio Cocó (CE) como subsídio ao planejamento ambiental..... 493
Paulo Henrique Gomes de Oliveira Sousa
Antônio Augusto de Camargo Neves
Carlos Anselmo e Silva
Indicadores de sustentabilidade dos Municípios de Mossoró, Areia Branca e Grosso/RN a partir do modelo Pressão – Estado – Resposta..... 500
Edna Margareth Santos de Sousa
Rodrigo Guimarães de Carvalho
Políticas Públicas e Participação Social: uma análise sobre a gestão ambiental no bairro Pirambu – Fortaleza / CE..... 510
Rosane Morais Falcão Queiroz
Edson Vicente da Silva
Alternativas para um turismo sustentável no litoral do Iguape – CE..... 519
Tatiane Rodrigues Carneiro
Edson Vicente da Silva
Compartimentação Geoambiental da sub-bacia do alto curso do rio Acaraú – CE..... 526
Ticiane Rodrigues de Castro
Marcos José Nogueira de Souza
Maria Lúcia Brito da Cruz
Gestão ambiental e turismo: uma análise integrada da Praia de Morro Branco – Beberibe – Ceará..... 534
Terezinha Cassiano de Souza
Edson Vicente da Silva
Diagnóstico dos recursos hídricos do município do Crato – CE..... 545
Ana Cristina Torres Arraes
Elvir Batista da Silva
Edson Vicente da Silva

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DO DFC NA MICROBACIA DO MUNICÍPIO DE LUIS GOMES - RN

Alexsandra Bezerra da Rocha – (UERN)
Mestranda em Dinâmica Territorial e Ambiental – UFC. **alexsandrarocha2@gmail.com**

Paulo César Moura da Silva (UFERSA)
Profº. Dr. em Recursos Naturais, pesquisador do Departamento de Ciências Ambientais - – **paulo.moura@ufersa.edu.br**

Ramiro Gustavo Valera Camacho (UERN)
Profº. Adjunto Dr. em Botânica, pesquisador do Departamento de Biologia **ramirogustavo@uern.br**

RESUMO

Este trabalho é parte de uma monografia desenvolvida junto ao programa de especialização em Geografia do Nordeste: Desenvolvimento Regional e Gestão do Território da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN com o objetivo de apresentar a metodologia desenvolvida para análise do Diagnóstico Físico Conservacionista – DFC, que teve como finalidade, determinar o potencial de degradação ambiental existente na área, bem como, a confecção de mapas sínteses da evolução do uso e ocupação do solo e das áreas com diferentes riscos ambientais, além de mapas geológico, geomorfologico. Desta forma, o presente estudo se propõe a testar, com algumas adaptações, o Diagnóstico Físico Conservacionista – DFC na microbacia do Município de Luis Gomes. A área de estudo situa-se na Messoregião do Alto Apodi e na microrregião da Serra de São Miguel entre as latitudes 06° 24' 50'' sul e a longitude 38° 23' 19'' oeste, limitando-se com os municípios de Coronel João Pessoa, Riacho de Santana, José da Penha, Major Sales e Venha Ver (RN) e com o Estado da Paraíba, abrangendo uma área de 181 km². A metodologia parte da definição de sete parâmetros: grau de semelhança entre a cobertura vegetal original e a atual, grau de proteção fornecido ao solo pela cobertura vegetal atual, declividade média, erosividade da chuva, potencial erosivo dos solos, densidade da drenagem e o balanço hídrico. A microbacia do município de Luis Gomes foi subdividida em 4 setores (1, 2, 3 e 4), Os dados coletados e as informações geradas representam uma importante base de dados necessários às tomadas de decisões para os programas de extensão rural e/ou projetos que visem à recuperação ambiental da área, cujos resultados qualitativos são transformados em quantitativos, espacializando as áreas mais degradadas através do Mapa de Degradação Ambiental por setor.

Palavra Chave: DFC, Bacia Hidrográfica, Degradação e Uso do Solo

INTRODUÇÃO

Os problemas enfrentados quanto a utilização dos recursos hídricos, induziram à concepção de utilização de bacias hidrográficas em pesquisas ambientais. Inicialmente, a prioridade era o controle de enchentes, secas, abastecimento público, tanto residencial quanto industrial. Atualmente, o enfoque é bem mais abrangente, onde todos os elementos que compõem este ambiente são considerados como inter-relacionados.

Com o crescimento dos estudos envolvendo bacia hidrográfica surgiram novas metodologias e novos termos: sub bacia, Zoneamento Ambiental, Planejamento Ambiental, Sócio-Ambiental ou Ecológico-Econômico, DFC e microbacia.

Gestão dos Recursos Hídricos e Planejamento Ambiental, 2010.

A criação do Programa Nacional de Microbacia Hidrográfica (PNMH), através da lei 94.074, de 05 de março de 1987, expandiu o uso do termo, que foi definido como sendo uma área drenada por um curso d'água e seus afluentes, a montante de uma determinada seção transversal, para a qual convergem as águas que drenam a área considerada (BRASIL, 1987). Portanto, o termo microbacia esta relacionado com a dimensão para uma determinada área, o tamanho dessa área, contudo não esta fixado. Mas as pesquisas mostram que a microbacia deve abranger uma área suficientemente grande, para que se possam identificar as inter-relações existentes entre os diversos elementos do quadro sócio-ambiental que a caracteriza, e pequena o suficiente para estar compatível com os recursos disponíveis. Já o termo sub bacia esta relacionado ao número de bacias menores.

CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

A área em estudo situa-se na Messoregião do Alto Apodi e na microrregião da Serra de São Miguel limitando-se com os municípios de Coronel João Pessoa, Riacho de Santana, José da Penha, Major Sales e Venha Ver (RN) e com o Estado da Paraíba, abrangendo uma área de 181 km². Distando da capital do estado, cerca de 444 Km, sendo seu acesso, a partir de Natal, efetuado através das rodovias pavimentadas BR 304 e BR 405(Figura 1).

Assim como a maior parte do território do Nordeste do Brasil, a morfologia da região é resultado da erosão diferencial e da atuação de tipos climáticos sendo predominante o semi – árido. A área de estudo é sustentada por rochas cristalinas e cristalofilianas dos grupos Serra de São José, Suíte do Deserto e Complexo Jaguaretama. Já as principais unidades Geomorfológicas da área de estudo são: Relevos Residuais e Depressão Sertaneja. Estas foram classificadas por Ab' Saber (1953, 1969), Andrade (1968), Bigarella e Andrade (1964), Salim, Lima e Mabesoone (1975); Mabesoone e Castro (1975); Radam (1981) no que se refere a característica e classificação.

A temperatura anual varia de 28° a 30° C. A baixa latitude e o relevo com cotas que ultrapassam 800m, são os principais agentes influenciadores na distribuição desta temperatura. A umidade relativa do ar é em média 66%. A precipitação pluviométrica média de 909,4 mm, possuindo máxima precipitação de 1.731,5 mm e mínima de 192,3 mm (IDEMA, 2001).

Quanto à cobertura vegetal, o Município de Luis Gomes possui floresta Caducifólia – Vegetação que apresenta espécies e folhas caducas que caem no período mais crítico da seca. Nas áreas com altitude acima de 600 m apresenta grande porte, e uma considerável devastação, por queimadas ou derrube de árvores, com graves conseqüências para o ecossistema.

A rede hidrográfica esta representada principalmente pelo Rio Apodi – Mossoró, sendo banhado apenas por cursos d'água secundários e intermitentes. Os mais importantes são: o Rio Angicos e os riachos Pintada, Panela, do Saco e dos Oitis. Existem três açudes de médio porte: Arapuá (4.295.000m^3 / público), Luís Gomes (1.286.000m^3 / público) e Major Sales (1.316.100m^3 / comunitário).

Os principais tipos de solos / associações pedológicas que ocorrem na área, segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – (EMBRAPA, 1999), são Argissolos Vermelho Eutrófico (antes designado como Podzólico Vermelho - Amarelos Eutróficos) e Luvissolos Crômicos (antes conhecido como solos Bruno não Cálcico). São pouco profundos, com 40 a 60 cm de solo acima da rocha, relativamente rico em nutrientes e frequentemente apresentam uma camada de pedras e cascalhos à superfície.

As principais atividades econômicas: agropecuária, extrativismo e comércio. Estas atividades são importantes fontes de renda para o município de Luis Gomes. Segundo o Censo agropecuário de 2006 as áreas dos estabelecimentos agropecuários eram de 11.247 hectares, sendo que a área equivalente das lavouras era de 2.020 hectares, as pastagens naturais 3.240, áreas de matas e florestas 3.999 (IDEMA, 2001).

As atividades referentes a este trabalho foram desenvolvidas dentro do âmbito dos projetos Rio Apodi-Mossoró (Petrobrás Ambiental – Integridade Ambiental a Serviço de Todos-2008) e Zoneamento Ambiental das bacias hidrográficas do RN – (FAPERN-2006-2007).

Gestão dos Recursos Hídricos e Planejamento Ambiental, 2010.

Buscou-se a sistematização do objetivo acima por meio da estruturação dos elementos físicos, bióticos e socioeconômicos responsáveis pela dinâmica da microbacia do município de Luis Gomes e da análise do estado ambiental da bacia.

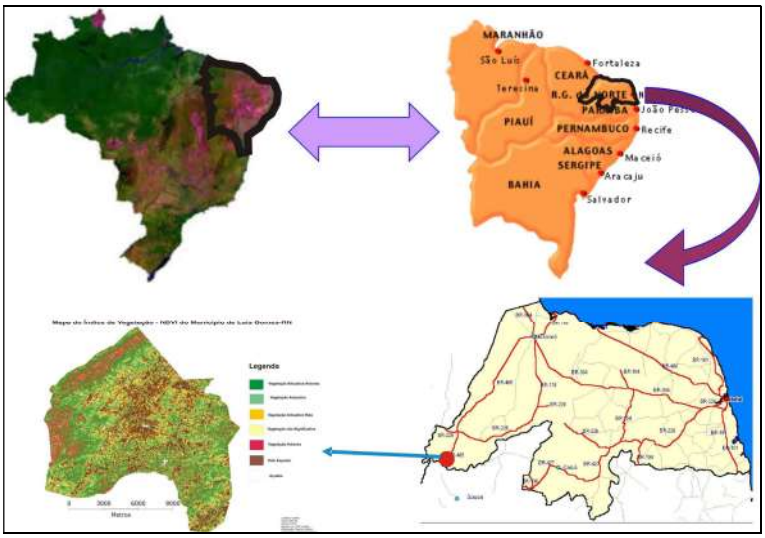


Figura 1: Localização da área de estudo, Fonte: as imagens foram retiradas do *site* ambiente brasil, com exceção do Mapa de NDVI do município de Luis Gomes, elaborado pela autora.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é utilizar a metodologia do Diagnóstico Físico Conservacionista – DFC a fim de determinar o potencial de degradação ambiental existente na área, através do cruzamento dos mapas da evolução do uso e ocupação do solo, além de mapas geológicos, geomorfológicos, hipsográfico e Drenagem.

REFERENCIAL DO DIAGNÓSTICO FÍSICO CONSERVACIONISTA - DFC

A partir da década de 1960 modelos estrangeiros de estudos ambientais são estudados na intenção de se buscar adaptações destes à situação brasileira. Em 1978 foi estruturado um Comitê Especial de estudos Integrados de Bacias Hidrográficas – CEEIBH, cuja linha de pesquisa classificou os cursos d'água da união e a utilização racional dos recursos hídricos, não avaliando os demais recursos naturais.

No Paraná, o Serviço de Extensão Rural desenvolveu vários projetos no âmbito de bacias e microbacias, visando principalmente diagnósticos gerais, plano de ação e metas físicas, cronograma, construção de terraços e recuperação de matas ciliares. As principais propostas tinham por base: identificação dos problemas críticos (solo, água, florestas, transporte, uso e manejo do solo, etc.); priorização dos problemas críticos, propostas envolvendo a comunidade, elaboração de mapas temáticos, implantação e execução do plano proposto.

Esta proposta de DFC também foi objeto de estudo no trabalho realizado por Beltrame (1994) na bacia do rio do Cedro, Município de Brusque – SC, por Ferreti (1998), na bacia do rio Marreca - PR, Ferreti (2003), na bacia do rio Tagaçaba - PR, Carvalho (2004), na bacia do rio Quebra – Perna, Ponta Grossa - PR, dentre outros.

Em Honduras O DFC foi utilizado na bacia *Concepcion,* abrangendo os municípios de Lepaterique, Reitoca e Santa Ana. Segundo Beltrame (1994), os resultados foram objetivos reforçando a viabilidade da metodologia como padrão para futuros planos de manejo de bacias hidrográficas.

Gestão dos Recursos Hídricos e Planejamento Ambiental, 2010.

Da mesma forma, o presente estudo se propõe a testar, com algumas adaptações, o DFC na nascente do rio Apodi – Mossoró – RN, no Município de Luis Gomes, apoiando-se no embasamento teórico dos trabalhos citados anteriormente.

O DFC tem como meta, determinar o potencial de degradação ambiental da bacia, a partir de fatores naturais, como subsídio ao planejamento e manejo dos recursos naturais. Para isso é necessário indicar os parâmetros potenciais que serão expressos em forma numérica, estabelecendo o risco de degradação e possibilitando uma análise qualitativa e quantitativa quanto à preservação desses recursos.

METODOLOGIA GERAL

O desenvolvimento da presente pesquisa consistiu em uma série de atividades de fundamentação teórica e procedimentos técnicos para a aplicação do DFC na microbacia hidrográfica do Município de Luis Gomes (Figura 2). Como ferramenta de auxilio utilizou-se o SIG e o Geoprocessamento, o primeiro servindo sobremaneira no levantamento de campo, e o segundo no processamento destas informações para estabelecer comparações da paisagem entre dois ou mais períodos de tempo. Dentro do Geoprocessamento utilizou-se o sensoriamento remoto para indicar as formas de uso e ocupação do solo e o GPS modelo Garmim 3 plus, referenciado em coordenadas UTM, datum SAD 69, na freqüência L1 e cartas digitalizadas da Secretária Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte - SERHID.

O Sistema Gerenciador de Informações Geográficas-SGIG[5] utilizado foi GvSig 1.1.1. Esse programa é desenvolvido pela empresa *Generalitat Valenciana Conselleria d'Infra estructures e Transport*, é um *software* livre, disponível no site www.gvsig.gva.es e permite ao usuário "visualizar, explorar, examinar e analisar dados geograficamente".

De acordo com os estudos de Beltrame (1994) o DFC pode ser aplicado em qualquer bacia hidrográfica, desde que sejam feitas as adaptações necessárias, pois cada bacia tem características peculiares.

MÉTODOS DE TRABALHO

I – Setorização da bacia do Município de Luis Gomes: Constitui - se na digitalização das cartas temáticas básicas e cálculos da morfometria para definição dos setores da bacia e elaboração da Carta de setorização da Bacia.

II - Determinação dos parâmetros do DFC: com base nas atividades desenvolvidas na fase anterior, fotointerpretação e classificação de imagens orbitais, foram determinados os parâmetros da metodologia para cada setor da bacia.

III – Fórmula descritiva por setor – Aplicação da fórmula para determinar o grau de degradação ambiental de cada setor da bacia.

IV – Cálculo e avaliação do valor crítico da degradação por setor: aplicação da equação da reta. Desenvolvido a inter – relação do Mapa de Uso do Solo e o Mapa do Potencial Erosivo do Solo, para gerar o Mapa de Degradação da área de estudo.

RESULTADOS

[5] Sistema para designar o software utilizado, por exemplo: ARC/INFO, MGE (Intergraph), SPRING (INPE), Matias e Ferreira (apud Matias, 2001).

Gestão dos Recursos Hídricos e Planejamento Ambiental, 2010.

Com base nas informações de solo, clima, geologia, geomorfologia, hidrografia, hipsografia e formas de uso e ocupação do solo a microbacia do município de Luis Gomes foi dividida em 4 Sub Bacias, denominadas de setores, logo em seguida, cruzou-se essas informações gerando o Mapa de Degradação. Na Tabela 1 tem-se a setorização (1,2,3 e 4) da microbacia do Município de Luis Gomes.

Tabela 1: Setorização da Microbacia do Município de Luis Gomes - RN

SETORES	*HECTARES*	*PORCENTAGEM*
SETOR 1	7.394	56%
SETOR 2	3.339	25%
SETOR 3	1.400	11%
SETOR 4	1.118	8%
TOTAL	13.251	100%

Fonte: Elaborada pela Autora, 2008

A partir dos parâmetros determinados (Tabela 2) utilizou-se a fórmula descritiva da equação da reta, adaptando-se os índices de cada parâmetro para a microbacia do município de Luis Gomes, neste trabalho optou-se para determinar a degradação levando em consideração apenas quatro parâmetros, uma vez que os sete parâmetros proposto pelo DFC não foi possível, pois o município não detém de dados suficientes para o cruzamento das informações, mas os parâmetros selecionados mostraram-se altamente satisfatórios para determinar o grau de degradação da microbacia. Cada categoria foi divida em pesos, estes seguiram metodologia de Rocha (1997) adaptada por Kurtz *et al* (2001):

Tabela 2: Parâmetros e valores ambientais utilizados no estudo da deterioração ambiental.

Parâmetros							
Drenagem	*CATEGORIA*	*Solo*	*CARTEGORIA*	*Relevo*	*CATEGORIA*	*Cob Vegetal*	*CATEGORIA*
PESO		*PESO*		*PESO*		*PESO*	
				1	PLANO	1	ARBOREA
					D. FUND		ARBUSTIVA
1	INEXISTENTE	3	MÉDIA	2	VALE	2	ARBOREA
2	ATÉ DUAS	5	FORTE	3	SUAVE OND	3	ARBUSTIVA
3	ATÉ TRÊS			4	FORT ONDUL	4	ARB RALA
					MONTA E		
4	ATÉ QUATRO			5	ESC	5	HERBACEA
>5	> QUE QUATRO					6	SOLO ESPOSTO

Fonte: Elaborada pela Autora, 2008

Portanto na equação da reta os parâmetros foram analisados a partir das seguintes categorias classificadas por Beltrame(1990) :

$$E\,(f):, CO_a + CA_b + DM_c + E + PE_e + DD_f$$

Descrição da fórmula:

E (f): É o estado físico – conservacionista do setor que é proporcional aos parâmetros

CO_a : grau de semelhança entre a cobertura vegetal original e a atual; *a* é o índice específico.

CA: proteção da cobertura vegetal atual ao solo; "b" é o índice especifico do parâmetro, que varia entre 1 (proteção máxima) e 7 (nenhuma proteção).

DM: declividade média, "c" é o índice especifico deste parâmetro, que varia entre 1 (relevo plano) e 5 (erosão excessiva).

E : Erosidade da chuva;

PE: potencial erosivo dos solos; "e" é o índice especifico do parâmetro, que varia de 1 (baixo) a 10 (muito alto).

DD: densidade de drenagem; "f" é o índice especifico do parâmetro, que varia de 1 (baixa) a 4 (muito alta).

Gestão dos Recursos Hídricos e Planejamento Ambiental, 2010.

De acordo com as classificações utilizada e/ou elaborada, o valor mínimo possível de ser obtido na fórmula descritiva é 6 (somatório de todos os índices iguais a 1), o que representa o melhor estado físico – conservacionista de que o setor poderia apresentar; o valor máximo possível de se obter na fórmula descritiva para a microbacia do município de Luis Gomes é 22 (somatória de todos os índices com valores máximos) representando o pior estado físico – conservacionista que o setor poderia apresentar. Com estes valores mínimo de 6 e máximo de 22, tem-se o ângulo de inclinação da reta. Geocodificando os valores, obtêm-se os índices de degradação ambiental dos setores. Portanto após todos os cálculos chegou-se a equação da reta do município:

y = 6,25 - 37,5

Para o processo de geocodificação foi necessário distribuir pontos na área de estudo através do GPS e em locais de difícil acesso os pontos foram retirados de uma imagem ortoretificada do ano de 2002 e adequados aleatoriamente de modo a cobrir uniformimente toda a área de estudo, sendo que cada ponto corresponde a uma área de 3,14Km^2 ou 314 ha, equivalente a um raio de 1Km para cada ponto determinado. Esta representação foi gerada na forma de mapa temático, tendo os seguintes cenários:

Percebe-se que o setor 1 apresenta todos os valores de degradação ambiental sendo mais característico o valor 52-67, portanto média degradação ambiental, equivalendo a 6.000 hectares. No entanto o valor com alta degradação aparece em quatro ponto equivalente a 667 hectares.

A degradação no setor 2 mostra que 1.600 hectares apresentam média fragilidade e 230 hectares apresentam alta degradação. Este é o setor mais explorado da microbacia, todas as atividades partem deste setor. O grau de degradação nos topos de morros varia entre 67 a 81

O setor 3 mostra média degradação em 4.500 hectares e baixa degradação em 300 hectares, no setor 3 algumas projetos futuros pode comprometer esta área, como a ampliação do complexo turístico mirante e a construção de um conjunto de apartamentos.

No setor 4 três pontos foram separados chegando ao resultado de média fragilidade ambiental em 600 hectares, e degradação entre 50 a 62 esta área passa por intensas queimadas todos os anos, as encostas da Serra de São José são bastante utilizada para agricultura de subsistência. A figura 6 espacializa a deterioração ambiental indicando as áreas de maior incidência de degradação.

Gestão dos Recursos Hídricos e Planejamento Ambiental, 2010.

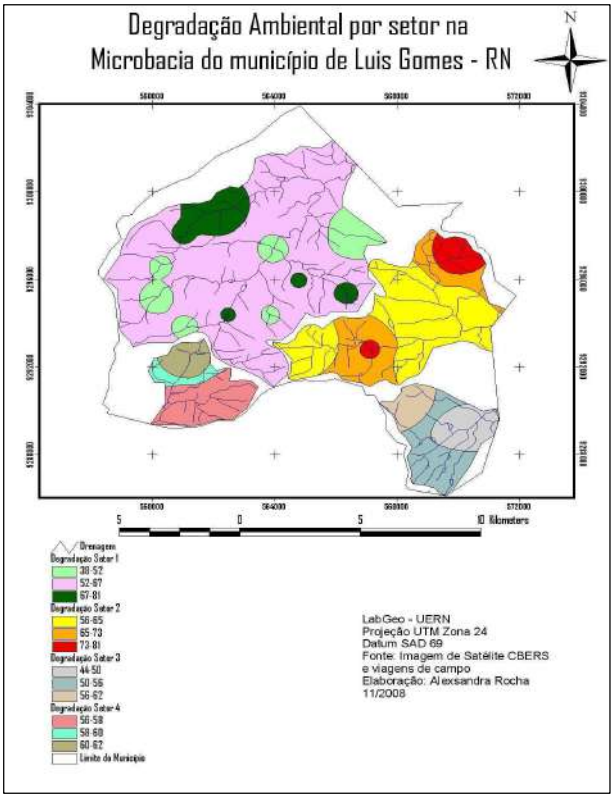


Figura 6: Mapa da Setorização da microbacia com o grau de degradação do município esta varia entre 44 menor degradação e 81 maior valor de degradação aparecendo nos setores 1 e 2.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a área de estudo, conseguiu-se identificar a problemática ambiental da microbacia, avaliando o potencial dos recursos. Para isso, cruzou-se algumas informações e após o cruzamento confeccionou-se o Mapa de Degradação Ambiental do Município, fundamentando a análise para espacializar as regiões mais problemáticas.

Verifica-se que as áreas a serem mantidas com o mesmo uso são as que apresentam uso correspondente, ou seja, adequadas às características do ambiente onde se encontram, como por exemplo, cultivo em áreas de médio e baixo potencial erosivo, em ambientes que não sejam áreas de proteção permanentes. Na microbacia de Luis Gomes encontram – se em todos os setores.

As áreas que devem ser otimizadas são aquelas que têm baixo potencial erosivo, áreas estas que já existe algum tipo de ocupação, mata e outras (edificações), havendo a possibilidade de exploração econômica como pastoreiro (com vegetação nativa) e cultivos nunca dissociados das práticas conservacionistas recomendadas, além de atividades como visitação pública, turismo rural e ecológico, obedecendo sempre parâmetros norteadores, como por exemplo, a capacidade respectiva dos ambientes naturais, a partir da combinação da capacidade material, psicológica e ecológica. Na microbacia do município a área da nascente do Apodi-Mossoró, a Serra de São José, a Serra do Croatá, o complexo turístico mirante, a cachoeira do rela e o sítio de fruteiras.

As áreas que devem ser preservada no município são aquelas que apresentam vegetação nativa em áreas de proteção permanentes – APP's como nascentes (50m) margens dos cursos

d'água, ainda que intermitentes (30m) áreas com declividade acima de 45º, os topos de morros, ao redor das lagoas e sítios de excepcional beleza ou de valor cientifico e histórico além das reservas legais (20% das propriedades).

AGRADECIMENTOS

Ao laboratório de Geoprocessamento da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN, departamento de biologia, por todo apoio logístico e pela confiança no uso dos equipamentos, e pela ajuda financeira durante as viagens de campo especialmente ao professor e amigo Dr. Ramiro Gustavo Valera Camacho e ao professor e amigo Dr. Paulo César Moura da Silva pelas orientações e discussões durante a realização deste trabalho e do trabalho monográfico.

REFERENCIAS

AB'SABER, A N. & COSTA, Jr. Contribuição ao Estudo do Sudoeste Goiano. **Boletim Paulista de Geografia Anais da Associação dos Geógrafos Brasileiros**. São Paulo, N° 4, Vol.1 .1953.

_____ **Participação das Superfícies aplainadas nas Paisagens do Nordeste Brasileiro**. São Paulo. USP-IGEOG N° 16, 1969.

ANDRADE, Manoel Correia. **Paisagens e Problemas do Brasil** – Brasiliense – 273p, 1968.

BELTRAME, A. da V. **Proposta metodológica para o meio físico com fins conservacionista de pequenas Bacias Hidrográficas – Um estudo da bacia do Rio do Cedro (Brusque – SC)**. Florianópolis, 1990. Dissertação (Mestrado em Geografia) –Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina.

_____. **Diagnóstico do meio físico de Bacias Hidrográficas**: modelo e aplicação. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 1994. 112p.

BIGAGELLA, J. J. & ANDRADE, G. O .de. **Considerações sobre a estratigrafia dos Sedimentos Cenozóicos em Pernambuco (Grupo Barreiras)** Arq. Inst. Ci. Terra, Recife. 1964.

BRASIL. ***Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981***, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília: DOU, 1987.

CARVALHO, Silvia Méri **O Diagnóstico Físico-Conservacionista –DFC como subsídio à Gestão Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Quebra-Perna, Ponta Grossa – Pr .** 2004. Tese (programa de Pós Graduação em Geografia) - Unesp – Universidade Estadual Paulista.

EMBRAPA. Centro Nacional de pesquisa dos Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informações, Rio de Janeiro: Embrapa dos solos, 1999.

FERRETI, Eliane Regina – **Diagnóstico Físico-Conservacionista – DFC da Bacia do Rio Marrecas – Sudoeste do Paraná**. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Geologia – UFPR, 1998.

_____ **Diagnóstico Físico-Conservacionista – DFC: Instrumento para o plano de bacias hidrográficas - uma aplicação na bacia do rio Tagaçaba – Município de Guaraqueçaba - PR**. 2003. Tese (Programa de Pós-Graduação em Geologia – UFPR.

Gestão dos Recursos Hídricos e Planejamento Ambiental, 2010.

HIDALGO, P - **Manejo Conservacionista em Bacias Hidrográficas**: Diagnóstico Físico-Conservacionista. 1990.v.2. Superientendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente – SUREHMA, Consórcio Intermunicipal para Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi – COPATI. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente – IBAMA. Londrina, agosto, 1990.

KURTZ, F.C, ROCHA, J. S.M, KURTZ, S. M.J.M – **Zoneamento Ambiental em Pantanais (Banhados)**. Rev. Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 5, n 2, p.308-312, 2001

MABESSOONE, J. M. & CASTRO,C. de **Desenvolvimento Geomorfológico do Nordeste Brasileiro**. B. soc. Bras. Geologia, Núcleo Nordeste, Recife. 1975.

RADAM. Projeto Radam Brasil **Levantamento de Recursos Naturais**. Folha Jaguaribe/Natal. Rio de Janeiro; volume 23. 1981.

ROCHA, J.S.M **Manual de Projetos Ambientais**. Santa Maria:UFSM, 1997.446.

SALIM, J. LIMA, M. do S. MABESOONE, J. M. Feições morfológicas do Rio Grande do Norte. **In: Congresso Brasileiro de Geologia**, 27°, Aracaju, out. 1973. Anais. Sociedade Brasileira de Geologia, 1973 V-1 p. 421 – 426.

www.idema.gov.br Dados históricos do Município e econômicos do município as informações são de 2001 - acesso em 09/08/2007.

AS CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA NO SÉCULO XXI 2

JÚLIO CÉSAR RIBEIRO
CARLOS ANTÔNIO DOS SANTOS
(ORGANIZADORES)

Atena Editora
Ano 2019

Júlio César Ribeiro

Carlos Antônio dos Santos

(Organizadores)

As Ciências Exatas e da Terra no Século XXI 2

Atena Editora
2019

2019 *by Atena Editora*
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Karine Lima
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Atena Editora
Ano 2019

Ciências Biológicas e da Saúde
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias
Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

C569 As ciências exatas e da terra no século XXI [recurso eletrônico] : volume 2 / Organizadores Júlio César Ribeiro, Carlos Antônio dos Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-85-7247-680-5
DOI 10.22533/at.ed.805190710

1. Ciências exatas e da terra – Pesquisa – Brasil. I. Ribeiro, Júlio César. II. Santos, Carlos Antônio dos. III. Série.

CDD 507

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

Atena Editora
Ano 2019

APRESENTAÇÃO

A obra “As Ciências Exatas e da Terra no Século XXI,” que encontra-se em seu segundo volume, foi idealizada para compilar trabalhos que demonstrassem os novos desdobramentos da pesquisa científica no século XXI. Em seus 24 capítulos, procura-se apresentar ao leitor discussões alinhadas a eixos temáticos, como agricultura, engenharia, educação, estatística e tecnologias, havendo também espaço para perspectivas multidisciplinares a partir de trabalhos que permeiam diferentes segmentos da grande área. Na primeira parte da obra, que trata sobre agricultura, são apresentados estudos relacionados à fertilidade do solo, precipitação pluviométrica, necessidade hídrica de plantas, estudos fitoquímicos, recuperação, reuso e restauração de áreas degradadas, dentre outros. Na segunda parte, são abordados estudos sobre gerenciamento de resíduos da construção civil, uso do sensoriamento remoto, e comparação entre diferentes métodos de nivelamento.

Na terceira parte, estão agrupados trabalhos que envolvem vertentes econômicas, experiências educacionais, e uso da realidade virtual no processo de aprendizagem.

Na quarta e última parte, são contemplados estudos acerca de questões tecnológicas, envolvendo linguagem estatística, e aplicação de moedas digitais.

Com grande relevância, os trabalhos aqui apresentados estarão disponíveis ao grande público e colaborarão para a difusão de conhecimentos no âmbito técnico e acadêmico.

Os organizadores e a Atena Editora agradecem pelo empenho dos autores que não mediram esforços ao compartilhar, em sua melhor forma, os resultados de seus estudos por meio da presente obra. Desejamos que as informações difundidas por meio desta obra possam informar e provocar reflexões significativas, contribuindo para o fortalecimento desta grande área e de suas vertentes.

Júlio César Ribeiro
Carlos Antônio dos Santos

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 1

DISPONIBILIDADE DE ZN EM SOLOSSUPER ADUBADOS EM ÁREAS DE AGRICULTURA FAMILIAR

Ingrid Luciana Rodrigues Gomes
Maria Tairane Silva
Idamar da Silva Lima
Airon José da Silva
Carlos Alexandre Borges Garcia
Silvânio Silvério Lopes da Costa
Marcos Cabral de Vasconcellos Barreto

DOI 10.22533/at.ed.8051907101

CAPÍTULO 2 9

ALTERAÇÕES QUÍMICAS DO SOLO IRRIGADO COM DILUIÇÕES DE ÁGUA PRODUZIDA TRATADA EM CASA DE VEGETAÇÃO

Ricardo André Rodrigues Filho
Rafael Oliveira Batista
Ana Beatriz Alves de Araújo
Juli Emille Pereira de Melo
Rayane Alves de Arruda Santos
Ana Luiza Veras de Souza
Antônio Diego da Silva Teixeira
Emmila Priscila Pinto do Nascimento
Taís Mendonça da Trindade
Wellyda Keorle Barros de Lavôr
Igor Apolônio de Oliveira
Elioneide Jandira de Sales

DOI 10.22533/at.ed.8051907102

CAPÍTULO 3 24

DETERMINAÇÃO RÁPIDA DE MN, ZN, FE E MG EM MELADO DE CANA POR ESPECTROMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA COM CHAMA (F AAS)

Suelen Andolfatto
Camila Kulek de Andrade
Maria Lurdes Felsner

DOI 10.22533/at.ed.8051907103

CAPÍTULO 4 36

COMPARAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DE 12 CIDADES PARAENSES

Whesley Thiago dos Santos Lobato
Antonio Maricélio Borges de Souza
Maurício Souza Martins
Luã Souza de Oliveira
Bruno Maia da Silva
Maria Sidalina Messias de Pina
Daniella Amor Cunha da Silva
Antonio Elson Ferreira Borges
Arthur da Silva Monteiro
Lucas Guilherme Araujo Soares
Caio Douglas Araújo Pereira
Lívia Tálita da Silva Carvalho

DOI 10.22533/at.ed.8051907104

CAPÍTULO 5 48

NECESSIDADES HÍDRICAS E ÍNDICES DE CRESCIMENTO DA CULTURA DO GERGELIM (*SESAMUM INDICUM L.*) BRS ANAHÍ IRRIGADO

Isaac Alves da Silva Freitas
José Espínola Sobrinho
Anna Kézia Soares de Oliveira
Ana Beatriz Alves de Araújo
Roberto Vieira Pordeus
Poliana Marias da Costa Bandeira
Priscila Pascali da Costa Bandeira
Tecla Ticiane Félix da Silva
Fernanda Jéssika Carvalho Dantas
Alcimar Galdino de Lira
Alricélia Gomes de Lima
Kadidja Meyre Bessa Simão

DOI 10.22533/at.ed.8051907105

CAPÍTULO 6 58

APLICAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS EM EMPRESAS DO SETOR AGROFLORESTAL

Robert Armando Espejo
Rildo Vieira de Araújo
Michel Constantino
Reginaldo Brito da Costa
Paula Martin de Moraes
Vanessa Aparecida de Moraes Weber
Fabricio de Lima Weber
Fabiano Dotto

DOI 10.22533/at.ed.8051907106

CAPÍTULO 7 68

ECOPRODUÇÃO DE PAPEL A PARTIR DE RESÍDUOS TÊXTEIS: PROPOSTA E AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE SIMBIOSE INDUSTRIAL

Júlia Terra Miranda Machado
Lilian Bechara Elabras Veiga
Maria Gabriela von Bochkor Podcameni

DOI 10.22533/at.ed.8051907107

CAPÍTULO 8 81

ESTUDO TEÓRICO SOBRE COMO REALIZAR UM PROCESSO DE OBTENÇÃO DE MELADO DE ALGAROBA (*PROSOPIS JULIFLORA SW* DC)

Karina da Silva Falcão
Alan Henrique Texeira
Clóvis Gouveia da Silva
Mirela Mendes de Farias
Zildomar Aranha de Carvalho Filho

DOI 10.22533/at.ed.8051907108

CAPÍTULO 9 89

ESTUDO QUÍMICO E FARMACOLÓGICO DE *ARTOCARPUS ALTILIS* (PARKINSON) FOSBERG

Alice Joana da Costa
Mônica Regina Silva de Araújo
Beatriz Dias
Chistiane Mendes Feitosa
Renata Paiva dos Santos
Daniele Alves Ferreira
Felipe Pereira Silva de Araújo

DOI 10.22533/at.ed.8051907109

CAPÍTULO 10 101

ESTUDO FITOQUÍMICO DE *HYMENAEA COURBARIL* E AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE TRIPANOCIDA

Breno Mumic Sequeira
Romeu Machado Rocha Neto
Lúzio Gabriel Bocalon Flauzino
Daniele da Silva Ferreira
Lizandra Guidi Magalhães
Patrícia Mendonça Pauletti
Ana Helena Januário
Márcio Luis Andrade e Silva
Wilson Roberto Cunha

DOI 10.22533/at.ed.80519071010

CAPÍTULO 11 115

ESTUDO SOBRE R&R PARA PRODUTOS DO LABORATÓRIO PILOTO DE QUÍMICA INDUSTRIAL

Karina da Silva Falcão
Lígia de Oliveira Franzosi Bessa
Manoel Teodoro da Silva
Renata Rayane da Silva Santana

DOI 10.22533/at.ed.80519071011

CAPÍTULO 12 123

SÍNTESE ORGÂNICA, INORGÂNICA E DE NANOMATERIAIS ASSISTIDA POR MICRO-ONDAS: UMA MINI REVISÃO

Jorddy Neves Cruz
Sebastião Gomes Silva
Fernanda Wariss Figueiredo Bezerra
Oberdan Oliveira Ferreira
Jose de Arimateia Rodrigues do Rego
Marcos Enê Chaves Oliveira
Daniel Santiago Pereira
Antonio Pedro da Silva Souza Filho
Eloisa Helena de Aguiar Andrade
Mozaniel Santana de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.80519071012

CAPÍTULO 13 132

PROJETO DE RECUPERAÇÃO, REUSO E RESTAURAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA POR MINERAÇÃO DE AGREGADOS PARA PAVIMENTAÇÃO NO MUNCÍPIO DE MORRO REDONDO/RS

Thiago Feijó Bom
Pedro Andrade Coelho
Matheus Acosta Flores
Angélica Cirolini
Alexandre Felipe Bruch
Marciano Carneiro

DOI 10.22533/at.ed.80519071013

CAPÍTULO 14 145

AHP – PROPOSTA PARA APLICAÇÃO NO GERENCIAMENTO DE RCC EM CANTEIROS DE OBRAS VERTICAIS E ALGUNS ASPETOS DIVERGENTES

Romão Manuel Leitão Carrapato Direitinho
José da Costa Marques Neto
Rodrigo Eduardo Córdoba

DOI 10.22533/at.ed.80519071014

CAPÍTULO 15 158

COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE NIVELAMENTO GEOMÉTRICO,TRIGONOMÉTRICO E POR GNSS EM UMA RODOVIA

Kézia de Castro Alves
Francisca Vieira Nunes
Guilherme Ferreira Gonçalves
Fábio Campos Macedo
Pedro Rogério Giongo

DOI 10.22533/at.ed.80519071015

CAPÍTULO 16 166

USO DE SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL NO MAPEAMENTO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DE MILHETO

Antônio Aldisio Carlos Júnior
Neyton de Oliveira Miranda
Jonatan Levi Ferreira de Medeiros
Suedêmio de Lima Silva
Paulo César Moura da Silva
Erllan Tavares Costa Leitão
Ana Beatriz Alves de Araújo
Priscila Pascali da Costa Bandeira
Poliana Maria da Costa Bandeira
Gleydson de Freitas Silva
Isaac Alves da Silva Freitas
Thaís Cristina de Souza Lopes

DOI 10.22533/at.ed.80519071016

CAPÍTULO 17 179

A EDUCAÇÃO BRASILEIRA E SUAS VERTENTES ECONÔMICAS

Gustavo Tavares Corte
Beatriz Valentim Mendes
Steven Dutt-Ross

DOI 10.22533/at.ed.80519071017

CAPÍTULO 18 189

SABERES INFORMAIS SOBRE CIÊNCIAS COMO PONTE PARA O CONHECIMENTO FORMAL

Deíne Bispo Miranda
Paulo Coelho Dias
Maria Cristina Madeira Da Silva

DOI 10.22533/at.ed.80519071018

CAPÍTULO 19 199

CLUBE DE CIÊNCIAS: RELATO DE EXPERIÊNCIAS E IMPRESSÕES DOS ALUNOS

Teresinha Guida Miranda
Alice Silau Amoury Neta
Jussara da Silva Nascimento Araújo
Danielle Rodrigues Monteiro da Costa
Normando José Queiroz Viana
Alessandra de Rezende Ramos

DOI 10.22533/at.ed.80519071019

CAPÍTULO 20 212

O USO DE REALIDADE VIRTUAL NO ENSINO DE CIÊNCIAS COMOFACILITADORA NO PROCESSO DE APRENDIZAGEM:UMA ABORDAGEMNEUROCIENTÍFICA COGNITIVA NOS TEMAS DE CIÊNCIAS

Welberth Stefan Santana Cordeiro
Zara Faria Sobrinha Guimarães

DOI 10.22533/at.ed.80519071020

CAPÍTULO 21 222

CRIPTOMOEDAS E UMA APLICAÇÃO PARA MODELOS LINEARES HIPERBÓLICOS

Lucas José Gonçalves Freitas
Marcelo dos Santos Ventura

DOI 10.22533/at.ed.80519071021

CAPÍTULO 22 226

O TEOREMA DA COMPLETUDE

Angela Leite Moreno
Michele Martins Lopes

DOI 10.22533/at.ed.80519071022

CAPÍTULO 23 243

REGRESSÃO POLINOMIAL DE TERCEIRA ORDEM NA DEFORMAÇÃO DE ELÁSTICOS DE BORRACHA

Thales Cerqueira Mendes
Yasmim Brasileiro de Castro Monteiro
Luana da Silva Souza
Lívia Nildete Barauna dos Santos
Ester Vitória Lopes dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.80519071023

CAPÍTULO 24 254

PICTOGRAMA: ELABORAÇÃO EM LINGUAGEM R

Willian Alves Lion
Beatriz de Oliveira Rodrigues
Felipe de Melo Taveira
Flávio Bittencourt
Adriana Dias

DOI 10.22533/at.ed.80519071024

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 265

ÍNDICE REMISSIVO 266

CAPÍTULO 12

SÍNTESE ORGÂNICA, INORGÂNICA E DE NANOMATERIAIS ASSISTIDA POR MICRO-ONDAS: UMA MINI REVISÃO

Jorddy Neves Cruz
Laboratório Adolpho Ducke, Museu Paraense Emilio Goeldi,
Belém - Pará.

Sebastião Gomes Silva
Laboratório Adolpho Ducke, Museu Paraense Emilio Goeldi,
Belém - Pará.

Fernanda Wariss Figueiredo Bezerra
Programa de Pós-graduação de Ciencias e Tecnologias de Alimentos,
Universidade Federal do Pará,
Belém - Pará.

Oberdan Oliveira Ferreira
Laboratório Adolpho Ducke, Museu Paraense Emilio Goeldi,
Belém - Pará.

Jose de Arimateia Rodrigues do Rego
Departamento de Ciencias Naturais, Universidade do Estado do Pará,
Belém - Pará.

Marcos Enê Chaves Oliveira
Laboratório de Agro-indústria, Embrapa Amazônia Oriental,
Belém - Pará.

Daniel Santiago Pereira
Laboratório de Agro-indústria, Embrapa Amazônia Oriental,
Belém - Pará.

Antonio Pedro da Silva Souza Filho
Laboratório de Agro-indústria, Embrapa Amazônia Oriental,
Belém - Pará.

Eloisa Helena de Aguiar Andrade
Laboratório Adolpho Ducke, Museu Paraense Emilio Goeldi,
Belém - Pará.

Mozaniel Santana de Oliveira
Laboratório Adolpho Ducke, Museu Paraense Emilio Goeldi,
Belém - Pará.

RESUMO: Atualmente as reações químicas assistidas por micro-ondas são bem populares nas práticas de laboratório. Em nosso review iremos abordar seu processo histórico enfatizando seu crescente uso até os dias atuais e sua importância na área de química verde, além de relatar as controvérsias sobre o uso dessa tecnologia. Discutimos sobre os mais recentes avanços na aplicação de irradiação por micro-ondas em processos de síntese de compostos orgânicos e inorgânicos, polímeros e nano materiais e, também, suas vantagens sobre as tradicionais técnicas de síntese.

PALAVRAS-CHAVE: micro-ondas, avanços, síntese, química verde.

MICROWAVE-ASSISTED ORGANIC, INORGANIC AND NANOMATERIALS SYNTHESIS: A MINI REVIEW

ABSTRACT: Currently microwave assisted chemical reactions are very popular in laboratory practices. In our review we will address its historical process emphasizing its increasing use to the present day and its importance in the field of green chemistry, in addition to reporting the controversies about the use of this technology. We discuss the latest advances in the application of microwave irradiation in the synthesis processes of organic and inorganic compounds, polymers and nano materials and also their advantages over traditional synthesis techniques.
KEYWORDS: Microwave, advances, synthetic, green chemistry.

1 I INTRODUÇÃO

A síntese de compostos químicos foi impactada com o uso da irradiação de micro-ondas. Inicialmente, essa tecnologia foi utilizada em processos nas indústrias de alimentos e de polímeros, mas Gedye e Guiguere a partir da década de 80, de maneira pioneira, utilizaram a tecnologia de micro-ondas para a síntese de compostos orgânicos (GEDYE et al., 1986; GIGUERE et al., 1986).

As reações executadas sob irradiação por micro-ondas apresentam uma valiosa alternativa na produção de compostos orgânicos, inorgânicos, polímeros e nano materiais de forma seletiva e com rendimentos satisfatórios comparado aos resultados obtidos com aquecimento convencional (MONIKA GABA, 2011).

O uso da irradiação por micro-ondas permite que reações que envolvam a síntese orgânica apresente rendimentos similares ou maiores que aqueles gerados em processos convencionais. A possibilidade de controle seletivo de alta precisão relacionados a evolução da temperatura de incidência na amostra, bem como o controle da pressão durante o processo de aquecimento tem gerado novas perspectivas na geração de materiais em escalas macro, micro e até manométricas (GAWANDE et al., 2014).

Como vantagem a aplicação da tecnologia de aquecimento por micro-ondas apresenta aumento na velocidade de reação e redução de formação de produtos colaterais, isso ocorre em função dos mecanismos de polarização dipolar e condução iônica. Os dipolos ou íons presentes na mistura reacional alinham-se ao campo elétrico aplicado, com tendência a realinhar ao campo elétrico oscilante e neste processo perdem energia sob a forma de calor, devido os choques moleculares e perdas dielétricas (KAPPE, 2013).

Neste sentido, os fenômenos térmicos gerados por micro-ondas em espaços de tempo pequenos são capazes de alcançar elevadas temperaturas (BÉLANGER et al., 2007). Em ambientes fechados, podem gerar resultados que possibilitam explicar inclusive efeitos não-térmicos, que não seria possível observar em sistemas

convencionais, por causa da falta de uniformidade na distribuição do aquecimento usando sistemas de controle de temperatura e potência (AYMERICH et al., 2008; GAWANDE et al., 2014).

Os efeitos da incidência de micro-ondas sobre materiais de origem orgânica dependem da duração do tempo de exposição e das frequências usadas (TAHER e FARID, 2001). Esse processo está diretamente ligado ao efeito térmico gerado por micro-ondas, ou seja, a capacidade de um produto alimentar para aquecer, que corresponde ao limite do material para converter energia eletromagnética em energia térmica, conhecido como coeficiente de perda dielétrica (BANIK et a., 2003).

No campo da aplicação de micro-ondas, uma das linhas de frente das pesquisas acadêmicas envolvem processos de síntese orgânica, por se tratar de um processo alternativo para a introdução de energia no sistema reativo, em função da excitação de agentes químicos pela energia eletromagnética, transformando vibração em calor, em processos assistidos, rápidos e limpos, sendo considerados processos tecnológicos inovadores (AND e KAPPE, 2007; MATS LARHED et al., 2002).

O uso de micro-ondas no processo de síntese envolve radiações em uma faixa do espectro eletromagnético entre as ondas de rádio e as ondas infravermelhas, com comprimento de onda entre 0,01 e 1 metro, operando em uma raia de frequência entre 0,3 e 30 Ghz, a frequência de 2,45 Ghz é a preferida para os processos de síntese, em função da profundidade de penetração (GEDYE et al., 1988; RODRIQUEZ e TADDEI, 2006).

2 | SÍNTESE ASSISTIDA POR MICROONDAS

2.1 Síntese de polímeros assistida por micro-ondas

A polimerização por irradiação de micro-ondas tem sido utilizada como um método alternativo de aquecimento, devido ao relato de maiores e mais rápidas taxas de conversão de monômeros em polímeros durante a reação (BARDTS et al., [s.d.]). As radiações de micro-ondas excitam seletivamente apenas as ligações polares, ocasionando na clivagem e induzindo à formação de sítios de radicais livres, desta forma, o esqueleto do polímero (‘C–C’), relativamente apolar, não é afetado pela radiação (SINNWELL e RITTER, 2007).

A síntese pode ser classificada em dois tipos: **i.** síntese iniciada por micro-ondas, que utiliza apenas a radiação para iniciar o grafting; e **ii.** síntese assistida por micro-ondas, que utiliza a radiação de micro-ondas em conjunto com um iniciador de radical livre químico para iniciar o enxerto (SIVALINGAM et al., 2004). A técnica também se apresenta como uma alternativa aos métodos convencionais que utilizam solventes orgânicos e apresentam problemas viscosidade do estado de fusão durante a síntese dos polímeros, além de ser um método mais ecológico, pois substituintes solventes orgânicos tóxicos e voláteis (BARDTS et al., 2008).

Mishra et al. (2012) utilizaram microwave radiação na síntese de ácido poliacrílico carboximetil enxertado celulose, o uso da tecnologia permitiu a obtenção de um floculante com aplicação para clarificação de águas fluviais, visando o aumento de sua capacidade.

Rani et al. (2012) realizaram a síntese de poliacrilamida enxertada goma ghatti pelo método assistido por micro-ondas, o polissacarídeo enxertado resultado satisfatório na redução de sólido total dissolvido, metais pesados e demanda química de oxigênio de efluentes.

No estudo de Undri et al. (2014) a polimerização de poliestireno residual foi realizada objetivando a produção de estireno e outros aromáticos através de pirólise assistida por micro-ondas, os resultados apresentaram uma alta conversão de estireno demonstrando que a tecnologia pode ser aplicada como alternativa à redução de resíduos de PS, produzindo produtos químicos valiosos e evitando a poluição devido a resíduos de plástico.

Mahto et al. (2014) realizaram a síntese de peptona de soja enxertada com poliacrilamida (PAM) pelo método assistido por micro-ondas utilizando nitrato de amónio cérico como iniciador radical livre, o produto obtido pode ser aplicado como adesivo solúvel em água, e após otimização resultou em uma força de adesão de 330 kg (ponto de ruptura de tensão de cisalhamento) entre blocos de madeira unidos.

Xiong et al. (2010) estudaram a polimerização em miniemulssão de copolímero de copolímero de fluoroacrilato por irradiação de micro-ondas, o trabalho obteve látex com características superiores ao obtido por métodos convencionais, com menor diâmetro de partícula, mais monodispersa, boa estabilidade centrífuga, e o processo também apresentou maior taxa de reação e maior conversão.

2.2 Síntese de nano materiais assistida por micro-ondas

A síntese de nano partículas assistida por micro-ondas vem sendo estudada por ser considerado um método promissor para a elaboração de um material com formato e tamanho controlado, com maior grau de pureza, em maior rendimento, além de ser mais simples, rápido, e energeticamente mais econômico (LI et al., 2011; SUIB et al., 2010).

Rotas utilizando micro-ondas têm sido aplicadas na síntese de nano partículas e nanoestruturas mono- e bi metálicas como Au, Ag, Pd, Pt, Cu, In e suas combinações em solução (BILECKA e NIEDERBERGER, 2010). O método baseia-se no: mecanismo dipolar, onde moléculas polares liberam calor para impulsionar a reação ocasionada pela aplicação de um campo elétrico de alta frequência; no mecanismo condutor, em que a polarização ocorre devido à amostra irradiada ser um condutor elétrico e os portadores de carga (íons e elétrons) se moverem através do material sob influência do campo elétrico; nas correntes induzidas e também na resistência elétrica que, em conjunto, provocam o aquecimento na amostra (NADAGOUDA et al., 2011; QIU et al., 2012).

Li et al. (2011) sintetizaram nanoestruturas de fosfato de bismuto ($BiPO_4$) através do método rápido de irradiação de micro-ondas, como nano partículas apresentaram morfologia e tamanho satisfatórios para seus desempenhos fotocatalíticos podendo ser aplicadas na catálise, detecção de íons e separação de elementos radioativos.

Opembe et al. (2010) realizaram a síntese tipo de criptomelano K-OMS-2 nano materiais pelo método de micro-ondas de fluxo contínuo, o material apresentou 100% de seletividade na oxidação de 2,3,6-benzoquinona-trimetil, muito usado como intermediário na síntese de vitamina E.

Qiu et al. (2012) estudaram a síntese de nano materiais de óxido de cobre por reações hidrotermais assistidas por micro-ondas. O material sintetizado obteve excelente desempenho catalítico e eletroquímico para a epoxidação de alcenos, a oxidação do CO e o comportamento da pseudocapacitância em solução de hidróxido de potássio.

No estudo de Kim et al. (2017), ZnO/ nano compósitos de grafeno foram preparados e subsequentemente pós-tratados por irradiação de micro-ondas, o estudo demonstrou que o material obtido apresentou propriedade seletiva na detecção de NO_2, um gás altamente tóxico que necessita ser detectado em baixas concentrações.

2.3 Micro-ondas na síntese de compostos orgânicos e inorgânicos

A utilização do forno de micro-ondas é largamente utilizada nas residências domésticas para aquecimento de alimentos, devido sua eficiência e rapidez no preparo. Sua utilização vem crescendo gradativamente desde a década de 70 no preparo de amostras para análise elementar e também na síntese de compostos orgânicos e inorgânicos (LOUPY, 2004).

As reações que utilizam as micro-ondas ocorrem de maneira mais rápida, com isso há um de tempo e economia na produção de produtos em larga escala. O aquecimento em micro-ondas pode possibilitar ganhos de maior rendimento e maiores seletividade da substância em relação ao aquecimento convencional. Com isso tem crescido bastante o uso desta técnica nas práticas de síntese de compostos orgânicos e inorgânicos na busca de um maior rendimento com menor tempo possível e com alto de pureza do composto (MOHSENZADEH et al., 2007; VIVEK POLSHETTIWAR, 2010).

O mecanismo de aquecimento pelas micro-ondas ocorre de maneira diferente do convencional (condução, irradiação e convecção). No aquecimento convencional, o recipiente e todo o material contido sofre aquecimento, resultando em um gradiente de temperatura do meio mais aquecido para o menos aquecido. O aquecimento por micro-ondas ocorre de forma contrária ao convencional, decorrente do mecanismo de aquecimento que envolve a rotação de dipolo e condução iônica (KAPPE, 2004).

2.4 Síntese orgânica com a utilização do forno de micro-ondas

Mesmo envolvendo alto risco na realização das reações sem o controle de pressão e temperatura, diversos trabalhos foram devolvidos com síntese orgânica utilizando o micro-ondas doméstico. Tendo em vista alguns fatores que contribuem para realização dos procedimentos como a diminuição do tempo reacional e redução na formação de subprodutos que podem contribuir para o ganho de um rendimento (GAWANDE et al., 2014).

Atualmente busca-se o uso dos princípios da química verde com a redução de solventes em práticas reacionais e técnicas que favoreçam ganhos para o meio ambiente sem afetar ou prejudicar a natureza. Como exemplo de técnica podemos citar o uso das reações assistidas por micro-ondas em síntese de compostos orgânicos. Essas práticas geram ganhos para ambas ás áreas tanto para ciência quanto para a sociedade (SHAH e MOHANRAJ, 2014).

A Aplicação da irradiação de micro-ondas leva a muitas vantagens, como o uso de reagentes não-corrosivos e de baixo custo, além disso, é o uso da "química verde" com redução dos impactos econômicos e ambientais. O papel da química é essencial para garantir que a nossa próxima geração de produtos químicos, materiais e energia seja mais sustentável do que a gerações passada e a atual (JOSEPH e MATHEW, 2015).

Vale ressaltar que a aplicação de síntese assistida por micro ondas para obter compostos com princípios farmacológicos vem ganhando destaque no mercado devido as vantagens que a técnica proporciona, no qual busca-se um material com ganho de rendimento e pureza (SHAH e MOHANRAJ, 2014).

A reação assistida de micro-ondas é bastante utilizada na formação de compostos que demandam maior quantidade na produção, como exemplo podemos citar o glicerol que é utilizado na produção de diesel que está em crescimento acentuado. Além disso, ele é um composto utilizado em diversas áreas, tais como as indústrias alimentícia, cosméticos, farmacêutica, tabaco, podendo ainda ser usado como fonte carbono em aplicações biotecnológicas, lubrificante e aditivo combustível (CAMPOS et al., 2017).

Muitas reações orgânicas ocorrem de maneira mais rápida e com rendimentos mais elevados, sob irradiação com micro-ondas quando comparada com o aquecimento convencional, por isso que a técnica é largamente utilizada na síntese de medicamentos, além disso, essa técnica proporciona a utilização de pouco solvente garantindo assim, a aplicação da sustentabilidade da química verde.

Como exemplo da aplicação da síntese em medicamentos temos a síntese do benzimidazol. Isto porque os benzimidazóis e seus derivados têm uma ampla gama de aplicações na medicina. Observações recentes sugerem que benzimidazóis e seus derivados possuem extensa gama de atividades biológicas, incluindo antiviral, antifúngica, antimicrobiana, antiprotozoário, anti-inflamatório, anticancerígeno, antioxidante, atividades anticoagulante, antidiabética e anti-hipertensiva (BUI et al.,

2016).

2.5 Síntese inorgânica com a utilização do forno de micro-ondas

As estruturas metal-orgânicas (MOFs) são uma classe de materiais porosos montados por coordenação de ligantes orgânicos a íons metálicos ou aglomerados. MOFs são intensamente investigados devido às suas possíveis aplicações na sorção e separação de gases, catálise, administração de drogas e detecção.

Com isso a síntese inorgânica de compostos de coordenação tem mostrado um avanço em seus estudos apresentados, pois utiliza reações assistidas por micro-ondas que contribui para resultados e aplicações diversas para produção de compostos que demandam procedimentos rápidos com boa qualidade e redução de resíduos (VAKILI et al., 2018)BenAc and hydrochloric acid, HCl.

Nas últimas duas décadas, o uso de micro-ondas, como energia para aquecer reações químicas, atraiu uma considerável atenção devido às suas muitas aplicações bem-sucedidas na síntese de polímeros, ciências dos materiais, nanotecnologia e processos bioquímicos. A motivação para o uso de energia de micro-ondas tem sido principalmente para projetar métodos de síntese mais rápidos, mais limpos e economicamente mais viáveis (MOUSAVI-KAMAZANI et al., 2014).

A aplicação de reação assistida de micro-ondas em síntese de compostos inorgânicos podemos citar como exemplo a síntese de nano compósitos, o qual tem atraído inúmeros cientistas a estudar devido suas propriedades e aplicações tecnológicas tais como: sensor de gás, células foto eletroquímicas para produção de hidrogênio sob luz solar simulada e fabricação de dispositivos eletrônicos (MOUSAVI-KAMAZANI e SALAVATI-NIASARI, 2014).

A literatura apresenta vários métodos de síntese de materiais nanométricos, dentre eles destaca-se o hidrotermal assistido por microondas. Considerando a evolução na tecnologia de hidrotermal convencional, esse método possui vantagens, como a redução de tempo e temperatura de síntese, economia energética, não liberação de gases tóxicos para o ambiente, entre outras características que o tornam uma boa alternativa entre os métodos de síntese de materiais (MONIKA GABA, 2011).

REFERÊNCIAS

AND, D. D.; KAPPE, C. O. **Microwave-Assisted Synthesis in Water as Solvent**. 2007.

AYMERICH, T.; PICOUET, P. A.; MONFORT, J. M. D**econtamination technologies for meat products**. Meat Science, v. 78, n. 1–2, p. 114–129, 1 jan. 2008.

BANIK, S.; BANDYOPADHYAY, S.; GANGULY, S. **Bioeffects of microwave - a brief review**. Bioresource Technology, v. 87, n. 2, p. 155–159, 1 abr. 2003.

BARDTS, M.; GONSIOR, N.; RITTER, H. **Trends in Polymer Science Polymer Synthesis and Modification by Use of Microwaves**. [s.d.].

BARDTS, M.; GONSIOR, N.; RITTER, H. **Polymer Synthesis and Modification by Use of Microwaves**. Macromolecular Chemistry and Physics, v. 209, n. 1, p. 25–31, 4 jan. 2008.

BÉLANGER, J. M. R. et al. **Remarks on Various Applications of Microwave Energy.** Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy, v. 42, n. 4, p. 24–44, 9 jan. 2007.

BILECKA, I.; NIEDERBERGER, M. **Microwave chemistry for inorganic nanomaterials synthesis.** Nanoscale, v. 2, n. 8, p. 1358–1374, 2010.

BUI, H. T. B. et al. **Microwave assisted synthesis and cytotoxic activity evaluations of new benzimidazole derivatives.** Tetrahedron Letters, v. 57, n. 8, p. 887–891, 24 fev. 2016.

D.MAHTO et al. **Microwave assisted synthesis of polyacrylamide grafted soya peptone and its application as water soluble adhesive.** Industrial Crops and Products, v. 58, p. 251–258, 2014.

DA C. CAMPOS, D.; A. dos SANTOS, J. C.; P. BORGES, L. E. **Glycerochemistry Topics: Use of Glycerol as a Green Solvent in Microwave-assisted Reactions.** Revista Virtual de Química, v. 9, n. 6, p. 2593–2624, 2017.

GAWANDE, M. B. et al. **Microwave-Assisted Chemistry: Synthetic Applications for Rapid Assembly of Nanomaterials and Organics.** Accounts of Chemical Research, v. 47, n. 4, p. 1338–1348, 15 abr. 2014.

GEDYE, R. et al. **The use of microwave ovens for rapid organic synthesis.** Tetrahedron Letters, v. 27, n. 3, p. 279–282, 1 jan. 1986.

GEDYE, R. N.; SMITH, F. E.; WESTAWAY, K. C. **The rapid synthesis of organic compounds in microwave ovens.** Canadian Journal of Chemistry, v. 66, n. 1, p. 17–26, jan. 1988.

GIGUERE, R. J. et al. **Application of commercial microwave ovens to organic synthesis.** Tetrahedron Letters, v. 27, n. 41, p. 4945–4948, 1 jan. 1986.

JOSEPH, S.; MATHEW, B. **Microwave-assisted green synthesis of silver nanoparticles and the study on catalytic activity in the degradation of dyes.** Journal of Molecular Liquids, v. 204, p. 184–191, 1 abr. 2015.

KAPPE, C. O. **Synthetic Methods Controlled Microwave Heating in Modern Organic Synthesis.** Angew. Chem. Int. Ed, v. 43, p. 6250–6284, 2004.

KAPPE, C. O. **How to measure reaction temperature in microwave-heated transformations.** Chemical Society Reviews, v. 42, n. 12, p. 4977, 28 maio 2013.

KIM, H. W. et al. **Synthesis of zinc oxide semiconductors-graphene nanocomposites by microwave irradiation for application to gas sensors.** Sensors and Actuators, B: Chemical, v. 249, p. 590–601, 2017.

LI, G. et al. **Microwave synthesis of BiPO 4 nanostructures and their morphology-dependent photocatalytic performances.** Journal of Colloid and Interface Science, v. 363, n. 2, p. 497–503, 2011.

LOUPY, A. **Solvent-free microwave organic synthesis as an efficient procedure for green chemistry.** Comptes Rendus Chimie, v. 7, n. 2, p. 103–112, 1 fev. 2004.

MATS LARHED, *,†; CHRISTINA MOBERG, ‡ AND; HALLBERG†, A. **Microwave-Accelerated Homogeneous Catalysis in Organic Chemistry**. 2002.

MISHRA, S.; USHA RANI, G.; SEN, G. **Microwave initiated synthesis and application of polyacrylic acid grafted carboxymethyl cellulose.** Carbohydrate Polymers, v. 87, n. 3, p. 2255–

2262, 2012.

MOHSENZADEH, F.; AGHAPOOR, K.; DARABI, H. R. **Benign approaches for the microwave-assisted synthesis of quinoxalines.** Journal of the Brazilian Chemical Society, v. 18, n. 2, p. 297–303, abr. 2007.

MONIKA GABA, N. D. **Microwave Chemistry: General Features and Applications.** Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research, v. 45, n. 2, p. 175–183, 2011.

MOUSAVI-KAMAZANI, M.; SALAVATI-NIASARI, M. **A simple microwave approach for synthesis and characterization of Ag2S–AgInS2 nanocomposites**. Composites Part B: Engineering, v. 56, p. 490–496, 1 jan. 2014.

NADAGOUDA, M. N.; SPETH, T. F.; VARMA, R. S. **Microwave-assisted green synthesis of silver nanostructures.** Accounts of Chemical Research, v. 44, n. 7, p. 469–478, 2011.

QIU, G. et al. **Facile microwave-assisted hydrothermal synthesis of CuO nanomaterials and their catalytic and electrochemical properties.** Journal of Physical Chemistry C, v. 116, n. 1, p. 468–477, 2012.

RANI, P. et al. **Microwave assisted synthesis of polyacrylamide grafted gum ghatti and its application as flocculant**. Carbohydrate Polymers, v. 89, n. 1, p. 275–281, 2012.

RODRIQUEZ, M.; TADDEI, M. S**ynthesis of Heterocycles via Microwave-Assisted Cycloadditions and Cyclocondensations.** In: [s.l.] Springer, Berlin, Heidelberg, 2006. p. 213–266.

SHAH, J. J.; MOHANRAJ, K. **Comparison of Conventional and Microwave-assisted Synthesis of Benzotriazole Derivatives**. Indian journal of pharmaceutical sciences, v. 76, n. 1, p. 46–53, jan. 2014.

SINNWELL, S.; RITTER, H. **Recent Advances in Microwave-Assisted Polymer Synthesis.** Aust. J. Chem, v. 60, p. 729–743, 2007.

SIVALINGAM, G.; AGARWAL, N.; MADRAS, G. **Kinetics of microwave-assisted polymerization of ϵ-caprolactone.** Journal of Applied Polymer Science, v. 91, n. 3, p. 1450–1456, 5 fev. 2004.

SUIB, S. L. et al. **Microwave-Assisted Synthesis of Manganese Oxide Octahedral Molecular Sieve (OMS-2) Nanomaterials under Continuous Flow Conditions**. Journal of Physical Chemistry C, v. 114, n. 34, p. 14417–14426, 2010.

TAHER, B. J.; FARID, M. M. **Cyclic microwave thawing of frozen meat: experimental and theoretical investigation.** Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, v. 40, n. 4, p. 379–389, 1 jul. 2001.

UNDRI, A. et al. R**everse polymerization of waste polystyrene through microwave assisted pyrolysis.** Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, v. 105, p. 35–42, 2014.

VAKILI, R. et al. **Microwave-assisted synthesis of zirconium-based metal organic frameworks (MOFs): Optimization and gas adsorption.** Microporous and Mesoporous Materials, v. 260, p. 45–53, 1 abr. 2018.

VIVEK POLSHETTIWAR, R. S. V. A**queous Microwave Assisted Chemistry.** [s.l: s.n.].

XIONG, S. et al. **Preparation and characterization of fluorinated acrylate copolymer latexes by miniemulsion polymerization under microwave irradiation.** Journal of Fluorine Chemistry, v. 131, n. 3, p. 417–425, 2010.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Júlio César Ribeiro - Engenheiro-Agrônomo formado pela Universidade de Taubaté - SP (UNITAU); Técnico Agrícola pela Fundação Roge - MG; Mestre em Tecnologia Ambiental pela Universidade Federal Fluminense (UFF); Doutor em Agronomia - Ciência do Solo pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Pós-Doutorado no Laboratório de Estudos das Relações Solo-Planta do Departamento de Solos da UFRRJ. Possui experiência na área de Agronomia (Ciência do Solo), com ênfase em ciclagem de nutrientes, nutrição mineral de plantas, fertilidade, química e poluição do solo, manejo e conservação do solo, e tecnologia ambiental voltada para o aproveitamento de resíduos da indústria de energia na agricultura. E-mail para contato: jcragronomo@gmail.com

Carlos Antônio dos Santos - Engenheiro-Agrônomo formado pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica - RJ; Especialista em Educação Profissional e Tecnológica pela Faculdade de Educação São Luís, Jaboticabal-SP; Mestre em Fitotecnia pela UFRRJ. Atualmente é Doutorando em Fitotecnia na mesma instituição e desenvolve trabalhos com ênfase nos seguintes temas: Produção Vegetal, Horticultura, Manejo de Doenças de Hortaliças. E-mail para contato: carlosantoniokds@gmail.com

ÍNDICE REMISSIVO

A

Açúcares 25, 26, 28, 34, 81, 82, 83, 84, 85, 87
Agricultura de precisão 7, 167
Água residuária 10, 11, 20
AHP 145, 146, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157
Algaroba 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88
Amostragem em suspensão 24, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33
Análise 1, 2, 3, 6, 10, 16, 17, 19, 22, 23, 24, 27, 32, 33, 37, 38, 39, 42, 47, 48, 49, 50, 51, 57, 58, 60, 61, 65, 66, 67, 70, 82, 95, 96, 99, 101, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 116, 117, 119, 127, 138, 140, 144, 157, 163, 165, 170, 171, 172, 179, 180, 183, 184, 190, 194, 196, 197, 198, 199, 206, 207, 211, 219, 221, 226, 227, 231, 242, 246
Análise envoltória de dados 58, 60, 67
Análise funcional 226, 227, 242
Artocarpus altilis 89, 90, 91, 92, 94, 96, 97, 99, 100
Atividade antiparasitária 102
Avanços 78, 123, 202, 213

B

Bitcoin 222, 223, 224, 225

C

Canteiros de obras 145, 146, 155, 156
Celulose 58, 59, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 72, 75, 76, 77, 78, 79, 126
Chuva 36, 37, 38, 39, 41, 42, 45, 47, 76
Ciclo educacional 179, 183
Ciclo vegetativo 7, 49, 53, 55, 56
Códigos linguísticos 189
Commodities 58, 59
Construção civil vertical 145
Curso agrotécnico 189

E

Educação 9, 68, 69, 79, 89, 158, 179, 180, 182, 183, 184, 185, 186, 189, 190, 191, 192, 193, 197, 201, 202, 203, 209, 210, 211, 212, 213, 221, 245, 263, 265
Ensino 67, 92, 179, 180, 182, 183, 185, 186, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 243, 245, 252, 255, 256, 263
Ensino de ciências 189, 200, 201, 209, 211, 212, 214, 215, 217, 218, 219, 220, 221, 252
Espaço não formal 199, 201, 209, 210

Espaços métricos 226, 227, 228, 231, 232, 236, 242
Evapotranspiração 16, 37, 49, 51, 52, 53, 55, 56, 169

F

F AAS 24, 25, 26, 27, 29, 31, 32, 33, 35
Fitoquímica 90, 99, 100
Fósforo 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 14

G

Geoestatística 167, 171
Gerenciamento de RCC 145, 146, 147, 148, 151, 154, 155
Gráficos 117, 119, 254, 255, 256, 263

H

Hymenaea courbaril 101, 102, 104, 105, 112, 113

I

Imagens 135, 136, 137, 166, 167, 168, 169, 170, 172, 173, 176, 177, 217, 242, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261
Índices de vegetação 167, 168, 169, 170, 171, 173, 174, 175, 176
Indústria de papel 68, 70, 75
Indústria têxtil 68, 70, 75, 79
Investimento 179, 180, 183, 184, 185, 222

L

Leap-Frog 158, 159, 160
Lei de Hooke 243, 245, 246, 247, 248, 251, 252
Letramento científico 199, 203, 209, 210

M

Medição 115, 116, 117, 118, 119, 121, 122, 160, 161
Melado de cana 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 84
Metais 3, 9, 12, 22, 24, 25, 26, 28, 29, 31, 32, 126, 176
Meteorologia 36, 37, 39, 53
Micro-ondas 26, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129
Moda sustentável 68, 79
Modelos hiperbólicos 222, 223, 225
Moraceae 89, 90, 91, 100

N

Não-linearidade 243, 251
Nivelamento 74, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165
Nutrição de plantas 1

O

Oportunidade 179, 180, 182, 185, 186, 191, 256

P

Papel 2, 58, 59, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 75, 76, 77, 78, 79, 128, 192, 206, 213, 216, 227, 231, 246, 249
Parâmetros 24, 27, 28, 30, 33, 48, 49, 50, 52, 54, 55, 56, 115, 116, 119, 137, 160, 163, 168, 174, 175, 177, 191, 222, 223, 224, 255, 263
Perímetro irrigado 1, 3, 8
Petróleo 1, 9, 10, 11, 13, 22, 23
Prosopis 81, 82, 87, 88

Q

Química verde 33, 123, 128

R

Recuperação 11, 132, 133, 134, 137, 138, 139, 140, 143, 144
Regressão polinomial 243, 246, 251
Renda 49, 81, 179, 180, 181, 182, 184, 185, 186
Resíduos sólidos 68, 71, 76, 77, 80, 146, 147, 148, 155, 156
Restauração 132, 133, 134, 137, 138, 139, 143, 244, 245
Reuso 10, 22, 71, 72, 80, 132, 133, 137, 138, 140, 141, 142, 143

S

Saneantes 115, 117, 118, 121
Sequências de Cauchy 226
Simbiose industrial 68, 70, 71, 77, 78
Síntese 90, 104, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 220

T

Topografia 138, 139, 143, 158, 159, 165
Trading 222, 223
Trypanosoma cruzi 101, 102, 103, 111, 112

V

Validação de métodos 24, 34
Variáveis 22, 38, 60, 61, 64, 65, 66, 67, 117, 175, 178, 179, 181, 182, 183, 185, 186, 194, 204, 211, 222, 224, 254, 256

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-680-5

6 ANEXOS – Declarações acadêmicas

UFERSA
Portal do Docente

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO DE ATIVIDADES ACADÊMICAS

EMITIDO EM

PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO

DECLARAÇÃO DE DISCIPLINAS MINISTRADAS

Declaramos para os devidos fins que o Docente PAULO CESAR MOURA DA SILVA, Matrícula SIAPE de número 1612510, ministrou nesta instituição os seguintes componentes curriculares, em seus respectivos períodos letivos:

TURMAS PRESENCIAIS

2023.2	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	6
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	20
2023.1	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	8
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	10
2022.2	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	8
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	23
2022.1	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 27 h	GRADUAÇÃO	3
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	9
GEOPROCESSAMENTO (1200065) - 27 h	GRADUAÇÃO	6
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	23
2021.2	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	6
GEOPROCESSAMENTO - 30 h	GRADUAÇÃO	2
GEOPROCESSAMENTO (1200065) - 30 h	GRADUAÇÃO	9
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	6
2021.1	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	16
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	11
2020.3	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 30 h	GRADUAÇÃO	13
2020.2	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**

GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	11
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	12
2020.1	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	4
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	17
2019.2	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	20
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	18
INTRODUÇÃO AO GEOPROCESSAMENTO - 15 h	LATO SENSU	23
ORIENTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - 15 h	LATO SENSU	24
PROJETOS EM GEOPROCESSAMENTO - 20 h	LATO SENSU	22
2019.1	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	10
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	8
2018.2	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	8
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	10
ORIENTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - 15 h	LATO SENSU	27
TOPICOS ESPECIAIS EM AMBIENTE, TECNOLOGIA E SOCIEDADE - 60 h	PÓS-GRADUAÇÃO	4
2018.1	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	9
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	8
INTRODUÇÃO AO GEOPROCESSAMENTO - 15 h	LATO SENSU	31
PROJETOS EM GEOPROCESSAMENTO - 25 h	LATO SENSU	28
2017.2	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	12
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	5
GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO MANEJO DE SOLO E ÁGUA - 60 h	PÓS-GRADUAÇÃO	9
2017.1	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	4
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	7
2016.2	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	8
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	11

GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO MANEJO DE SOLO E ÁGUA - 60 h	PÓS-GRADUAÇÃO	11
2016.1	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	6
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	12
2015.2	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	3
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	9
2015.1	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	9
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	8
2014.2	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	11
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	4
2014.1	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	6
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	13
GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO MANEJO DE SOLO E ÁGUA - 60 h	PÓS-GRADUAÇÃO	10
2013.2	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	1
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	9
2013.1	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	2
GEOPROCESSAMENTO (1200065) - 45 h	GRADUAÇÃO	7
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	16
GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO MANEJO DE SOLO E ÁGUA - 60 h	PÓS-GRADUAÇÃO	9
2012.2	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 30 h	GRADUAÇÃO	9
GEOPROCESSAMENTO (1200065) - 45 h	GRADUAÇÃO	10
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 30 h	GRADUAÇÃO	16
GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO MANEJO DE SOLO E ÁGUA - 60 h	PÓS-GRADUAÇÃO	22
2012.1	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
ENG. DE SISTEMAS AGRICOLAS E AMBIENTAIS - 45 h	GRADUAÇÃO	15
GEOPROCESSAMENTO (1200065) - 45 h	GRADUAÇÃO	8
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	19

PLANEJAMENTO DE ÁREAS IRRIGADAS - 30 h	PÓS-GRADUAÇÃO	4
2011.2	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
ENG. DE SISTEMAS AGRICOLAS E AMBIENTAIS - 45 h	GRADUAÇÃO	10
GEOPROCESSAMENTO - 45 h	GRADUAÇÃO	6
GEOPROCESSAMENTO (1200065) - 45 h	GRADUAÇÃO	3
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	8
2011.1	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
ENG. DE SISTEMAS AGRICOLAS E AMBIENTAIS - 45 h	GRADUAÇÃO	10
GEOPROCESSAMENTO - 45 h	GRADUAÇÃO	3
GEOPROCESSAMENTO (1200065) - 45 h	GRADUAÇÃO	9
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	7
2010.2	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
ENG. DE SISTEMAS AGRICOLAS E AMBIENTAIS - 45 h	GRADUAÇÃO	8
GEOPROCESSAMENTO - 45 h	GRADUAÇÃO	16
GEOPROCESSAMENTO (1200065) - 45 h	GRADUAÇÃO	12
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	23
2010.1	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
ENG. DE SISTEMAS AGRICOLAS E AMBIENTAIS - 45 h	GRADUAÇÃO	14
GEOPROCESSAMENTO - 45 h	GRADUAÇÃO	16
GEOPROCESSAMENTO - 45 h	GRADUAÇÃO	4
GEOPROCESSAMENTO (1200065) - 45 h	GRADUAÇÃO	15

MOSSORÓ, 01 de Maio de 2024

Código de Verificação:
ae5b8d52e6

Para verificar a autenticidade deste documento acesse **https://sigaa.ufersa.edu.br/sigaa/documentos/**, informando a Matrícula do SIAPE , data de emissão do documento e o código de verificação.

SIGAA | Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação

UFERSA
Portal do Docente

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas

Emitido em 01/05/2024 09:51

Pró-Reitoria de Graduação

Declaração de Orientações

Declaramos para os devidos fins que o Docente PAULO CESAR MOURA DA SILVA, Matrícula SIAPE de número 1612510, atuou nesta instituição nas seguintes orientacoes, em seus respectivos períodos letivos:

2012.1 - ANI0512 - ESTAGIO SUPERVISIONADO I
2009136451 - FERNANDA CRISTINA DE MORAIS FREITAS
2012.1 - ANI0512 - ESTAGIO SUPERVISIONADO I
2009136638 - DANIELLA KARINE PRAXEDES COSTA
2012.1 - ANI0512 - ESTAGIO SUPERVISIONADO I
2009136505 - ARYANE MARYANE PRAXEDES
2012.1 - ANI0512 - ESTAGIO SUPERVISIONADO I
2009136480 - AMANDA ALVES DE MORAIS MEDEIROS
2012.1 - VEG0203 - ESTAGIO SUPERVISIONADO (1200300)
2006141163 - CLARA LIVIA CAMARA E SILVA
2012.1 - VEG0203 - ESTAGIO SUPERVISIONADO (1200300)
2007141717 - RAIMUNDO FERNANDES DE OLIVEIRA JUNIOR
2012.2 - VEG0203 - ESTAGIO SUPERVISIONADO (1200300)
2008143318 - JOSEANE DUNGA DA COSTA
2012.2 - VEG0203 - ESTAGIO SUPERVISIONADO (1200300)
2008143318 - JOSEANE DUNGA DA COSTA
2012.2 - VEG0203 - ESTAGIO SUPERVISIONADO (1200300)
2008143120 - RAFAEL VAGNER DE OLIVEIRA MACHADO
2012.2 - ANI2020 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II
2009136505 - ARYANE MARYANE PRAXEDES
2012.2 - ANI0513 - ESTAGIO SUPERVISIONADO II
2009136480 - AMANDA ALVES DE MORAIS MEDEIROS
2012.2 - ANI0513 - ESTAGIO SUPERVISIONADO II
2009136451 - FERNANDA CRISTINA DE MORAIS FREITAS
2013.1 - ANI2020 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II
2009136451 - FERNANDA CRISTINA DE MORAIS FREITAS
2013.1 - ANI2020 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

2009136638 - DANIELLA KARINE PRAXEDES COSTA
2013.1 - ANI2020 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II
2009136480 - AMANDA ALVES DE MORAIS MEDEIROS
2015.2 - ANI0512 - ESTAGIO SUPERVISIONADO I
2012011572 - ISADORA BENEVIDES DE CASTRO
2015.2 - AMB1081 - ESTAGIO SUPERVISIONADO I
2014009333 - FRANCISCO JORDAO NUNES DE LIMA
2016.1 - ANI0513 - ESTAGIO SUPERVISIONADO II
2011211843 - JECSON RÉGMAN DANTAS DE OLIVEIRA
2016.1 - ANI0513 - ESTAGIO SUPERVISIONADO II
2011211853 - SILVIA HOLANDA DE MEDEIROS
2016.1 - ANI0513 - ESTAGIO SUPERVISIONADO II
2012011572 - ISADORA BENEVIDES DE CASTRO
2016.1 - AMB1154 - TRABALHO DE CONCLUSAO DE CURSO
2012020987 - CAMILA GABRIELLE DE ARAUJO SANTOS
2016.1 - AMB1081 - ESTAGIO SUPERVISIONADO I
2015004995 - THAYSSA LOUÍSE SOUTO DE MOURA
2016.1 - AMB1080 - ESTAGIO SUPERVISIONADO II
2014009333 - FRANCISCO JORDAO NUNES DE LIMA
2016.2 - AMB1154 - TRABALHO DE CONCLUSAO DE CURSO
2013010616 - PABLO EINSTEIN BATISTA
2016.2 - ANI0512 - ESTAGIO SUPERVISIONADO I
2016021337 - ISADORA BENEVIDES DE CASTRO
2016.2 - ANI0513 - ESTAGIO SUPERVISIONADO II
2016021337 - ISADORA BENEVIDES DE CASTRO
2016.2 - AMB1080 - ESTAGIO SUPERVISIONADO II
2015004995 - THAYSSA LOUÍSE SOUTO DE MOURA
2016.2 - AMB1154 - TRABALHO DE CONCLUSAO DE CURSO
2013020813 - RICARDO ALVES MAURÍCIO
2017.1 - ANI0513 - ESTAGIO SUPERVISIONADO II
2012011566 - FRANCISCA ELANE ROCHA VIEIRA
2017.2 - ANI2020 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II
2016021337 - ISADORA BENEVIDES DE CASTRO
2017.2 - AMB1154 - TRABALHO DE CONCLUSAO DE CURSO
2016010267 - GIORGY MAIA COSTA

2017.2 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2016002206 - RODRIGO PEIXOTO OLIVEIRA
2017.2 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2016001942 - ADERSON DE SOUZA MAIA
2017.2 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2016007580 - OTÁVIO TAVARES BOTREL
2018.1 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2016007347 - CAMILA CARVALHO NOBERTO
2018.1 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2015005221 - TAÍS REBOUÇAS REIS
2018.1 - AMB1154 - TRABALHO DE CONCLUSAO DE CURSO
2016010267 - GIORGY MAIA COSTA
2018.1 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2016008700 - VINÍCIUS LIMEIRA DE OLIVEIRA
2018.1 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2016008809 - PEDRO HENRIQUE CÂMARA MATOS
2018.1 - AMB1081 - ESTAGIO SUPERVISIONADO I
2017002944 - MARCELO AUGUSTO DA COSTA
2018.2 - AMB1154 - TRABALHO DE CONCLUSAO DE CURSO
2016010267 - GIORGY MAIA COSTA
2019.1 - AMB1080 - ESTAGIO SUPERVISIONADO II
2017004804 - MARIA MAYRLLA OLIVEIRA DOS REIS
2018.2 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2016008809 - PEDRO HENRIQUE CÂMARA MATOS
2019.1 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2017004804 - MARIA MAYRLLA OLIVEIRA DOS REIS
2019.1 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2016008809 - PEDRO HENRIQUE CÂMARA MATOS
2018.2 - LAT0001 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
2018200186 - FRANCISCO JOSERALDO MEDEIROS DO VALE
2018.2 - LAT0001 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
2018200284 - ITALO WIGLIFF LEITE PACHICO
2018.2 - LAT0001 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
2018200506 - JANE KELLY HOLANDA MELO
2018.2 - LAT0001 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

2018200266 - JEAN MARCELL AZEVEDO DE ALMEIDA
2018.2 - LAT0001 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
2018200159 - CORDINIZ OVIDIO DE AZEVEDO JUNIOR
2018.2 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2016007294 - FERNANDA BEZERRA EVANGELISTA
2018.2 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2017001070 - PAULO RÉGIS CHAGAS CAVALCANTE
2019.2 - AMB1121 - TRABALHO DE CONCLUSAO DE CURSO II
2017005202 - ANTONIO LUIZ FREITAS BEZERRA
2020.3 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2018001191 - CAIO ÁLISSON DINIZ DA SILVA
2019.2 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2016002411 - PEDRO THIAGO VILELA DE MENDONÇA
2020.1 - ANI2020 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II
2014011119 - KAIO CESAR DE CARVALHO MENEZES
2020.2 - MME2312 - PROJETO DE TCC
2018010361 - DANIEL CORCINO TAVARES
2020.2 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2019011670 - LIANDRA MELO CARVALHO
2020.2 - LAT0001 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
2019220038 - CAMILA GABRIELLE DE ARAUJO SANTOS
2020.2 - LAT0001 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
2019220053 - RODRIGO YAGO COSTA CARVALHO
2020.2 - LAT0001 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
2019220054 - YARA LEMOS DE PAULA
2021.1 - MME2313 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC)
2018010361 - DANIEL CORCINO TAVARES
2021.2 - MME2312 - PROJETO DE TCC
2017020831 - PEDRO VICTOR DE SOUSA ALBUQUERQUE
2021.2 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2019023179 - ALISON COSTA GOMES
2022.1 - MME2313 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC)
2017020831 - PEDRO VICTOR DE SOUSA ALBUQUERQUE
2022.1 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2019023321 - FABRICIO LUIZ LIMA DA SILVA

2022.2 - ANI2020 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II
2015011100 - AMANDA FERNANDES DE OLIVEIRA
2022.2 - MME2312 - PROJETO DE TCC
2014010784 - VITOR PESSOA CAMINHA
2022.2 - MME2313 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC)
2014010784 - VITOR PESSOA CAMINHA
2023.1 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2019023374 - ANDESSON MICAEL OLIVEIRA DA CUNHA
2023.1 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2021023093 - DANIEL CORCINO TAVARES
2023.1 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2020023143 - MELISSA DIAS GUIMARAES
2023.1 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2021023019 - WILLIAN LUDWIG ALVES DE OLIVEIRA
2023.1 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2021023051 - MELQUISEDEQUE BARBOSA COSTA
2023.1 - MME2312 - PROJETO DE TCC
2020010705 - LUAN BRIGIDO E SILVA
2023.1 - MME2312 - PROJETO DE TCC
2017010702 - ADRIEL WELITON SILVA MARQUES
2023.1 - MME2313 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC)
2017010702 - ADRIEL WELITON SILVA MARQUES
2023.1 - AMB1080 - ESTAGIO SUPERVISIONADO II
2020023143 - MELISSA DIAS GUIMARAES
2023.1 - AMB1081 - ESTAGIO SUPERVISIONADO I
2021023019 - WILLIAN LUDWIG ALVES DE OLIVEIRA
2023.2 - MME2312 - PROJETO DE TCC
2020010628 - MATHEUS AMANCIO LOPES
2023.2 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2021023065 - LUAN VINICIUS FONSECA

MOSSORÓ, 01 de Maio de 2024

Código de Verificação:
63847b2a7b

Para verificar a autenticidade deste documento acesse **https://sigaa.ufersa.edu.br/sigaa/documentos/**, informando a Matrícula do SIAPE, data de emissão do documento e o código de verificação.

SIGAA | Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO PEDAGÓGICO

DECLARAÇÃO

Declaramos, para os devidos fins, que (o)a Professor(a) PAULO CESAR MOURA DA SILVA, siape 1612510, como docente do(a) DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS, foi Coordenador(a) e Orientador(a) do Projeto de Ensino "Monitoria de Geoprocessamento", com vigência de 8 de Agosto de 2022 até 26 de Maio de 2023.

Mossoró, 1 de Maio de 2024

Carolina Malala Martins Souza
PRO-REITOR(A)

Código de verificação: **7e4e30456b**
Número do Documento: **554360**

Para verificar a autenticidade deste documento acesse **https://sigaa.ufersa.edu.br/sigaa/documentos/**, informando o número do documento, data de emissão do documento e o código de verificação.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO PEDAGÓGICO

DECLARAÇÃO

Declaramos, para os devidos fins, que (o)a Professor(a) PAULO CESAR MOURA DA SILVA, siape 1612510, como docente do(a) DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS, foi Coordenador(a) e Orientador(a) do Projeto de Ensino "GEOPROCESSAMENTO", com vigência de 12 de Julho de 2023 até 30 de Abril de 2024, tendo sob sua orientação o(s) aluno(s): VANDERBIO DUARTE RODRIGUES SEGUNDO.

Mossoró, 1 de Maio de 2024

Carolina Malala Martins Souza
PRO-REITOR(A)

Código de verificação: **f265678b09**
Número do Documento: **554362**

Para verificar a autenticidade deste documento acesse **https://sigaa.ufersa.edu.br/sigaa/documentos/**, informando o número do documento, data de emissão do documento e o código de verificação.

UFERSA
Portal do Docente

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO DE ATIVIDADES ACADÊMICAS

EMITIDO EM

PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO

DECLARAÇÃO DE DISCIPLINAS MINISTRADAS

Declaramos para os devidos fins que o Docente PAULO CESAR MOURA DA SILVA, Matrícula SIAPE de número 1612510, ministrou nesta instituição os seguintes componentes curriculares, em seus respectivos períodos letivos:

TURMAS PRESENCIAIS

2023.2	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	6
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	20
2023.1	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	8
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	10
2022.2	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	8
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	23
2022.1	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 27 h	GRADUAÇÃO	3
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	9
GEOPROCESSAMENTO (1200065) - 27 h	GRADUAÇÃO	6
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	23
2021.2	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	6
GEOPROCESSAMENTO - 30 h	GRADUAÇÃO	2
GEOPROCESSAMENTO (1200065) - 30 h	GRADUAÇÃO	9
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	6
2021.1	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	16
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	11
2020.3	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 30 h	GRADUAÇÃO	13
2020.2	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**

GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	11
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	12
2020.1	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	4
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	17
2019.2	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	20
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	18
INTRODUÇÃO AO GEOPROCESSAMENTO - 15 h	LATO SENSU	23
ORIENTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - 15 h	LATO SENSU	24
PROJETOS EM GEOPROCESSAMENTO - 20 h	LATO SENSU	22
2019.1	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	10
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	8
2018.2	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	8
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	10
ORIENTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - 15 h	LATO SENSU	27
TOPICOS ESPECIAIS EM AMBIENTE, TECNOLOGIA E SOCIEDADE - 60 h	PÓS-GRADUAÇÃO	4
2018.1	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	9
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	8
INTRODUÇÃO AO GEOPROCESSAMENTO - 15 h	LATO SENSU	31
PROJETOS EM GEOPROCESSAMENTO - 25 h	LATO SENSU	28
2017.2	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	12
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	5
GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO MANEJO DE SOLO E ÁGUA - 60 h	PÓS-GRADUAÇÃO	9
2017.1	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	4
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	7
2016.2	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	8
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	11

GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO MANEJO DE SOLO E ÁGUA - 60 h	PÓS-GRADUAÇÃO	11
2016.1	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	6
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	12
2015.2	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	3
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	9
2015.1	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	9
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	8
2014.2	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	11
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	4
2014.1	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	6
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	13
GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO MANEJO DE SOLO E ÁGUA - 60 h	PÓS-GRADUAÇÃO	10
2013.2	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	1
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	9
2013.1	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 60 h	GRADUAÇÃO	2
GEOPROCESSAMENTO (1200065) - 45 h	GRADUAÇÃO	7
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	16
GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO MANEJO DE SOLO E ÁGUA - 60 h	PÓS-GRADUAÇÃO	9
2012.2	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
GEOPROCESSAMENTO - 30 h	GRADUAÇÃO	9
GEOPROCESSAMENTO (1200065) - 45 h	GRADUAÇÃO	10
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 30 h	GRADUAÇÃO	16
GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO MANEJO DE SOLO E ÁGUA - 60 h	PÓS-GRADUAÇÃO	22
2012.1	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
ENG. DE SISTEMAS AGRICOLAS E AMBIENTAIS - 45 h	GRADUAÇÃO	15
GEOPROCESSAMENTO (1200065) - 45 h	GRADUAÇÃO	8
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	19

PLANEJAMENTO DE ÁREAS IRRIGADAS - 30 h	PÓS-GRADUAÇÃO	4
2011.2	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
ENG. DE SISTEMAS AGRICOLAS E AMBIENTAIS - 45 h	GRADUAÇÃO	10
GEOPROCESSAMENTO - 45 h	GRADUAÇÃO	6
GEOPROCESSAMENTO (1200065) - 45 h	GRADUAÇÃO	3
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	8
2011.1	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
ENG. DE SISTEMAS AGRICOLAS E AMBIENTAIS - 45 h	GRADUAÇÃO	10
GEOPROCESSAMENTO - 45 h	GRADUAÇÃO	3
GEOPROCESSAMENTO (1200065) - 45 h	GRADUAÇÃO	9
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	7
2010.2	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
ENG. DE SISTEMAS AGRICOLAS E AMBIENTAIS - 45 h	GRADUAÇÃO	8
GEOPROCESSAMENTO - 45 h	GRADUAÇÃO	16
GEOPROCESSAMENTO (1200065) - 45 h	GRADUAÇÃO	12
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ECOLOGIA (1200714) - 60 h	GRADUAÇÃO	23
2010.1	**Nível**	**Qtd. Al. Mat.**
ENG. DE SISTEMAS AGRICOLAS E AMBIENTAIS - 45 h	GRADUAÇÃO	14
GEOPROCESSAMENTO - 45 h	GRADUAÇÃO	16
GEOPROCESSAMENTO - 45 h	GRADUAÇÃO	4
GEOPROCESSAMENTO (1200065) - 45 h	GRADUAÇÃO	15

MOSSORÓ, 01 de Maio de 2024

Código de Verificação:
ae5b8d52e6

Para verificar a autenticidade deste documento acesse **https://sigaa.ufersa.edu.br/sigaa/documentos/**, informando a Matrícula do SIAPE , data de emissão do documento e o código de verificação.

SIGAA | Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação

UFERSA
Portal do Docente

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas

Emitido em 01/05/2024 09:51

Pró-Reitoria de Graduação

Declaração de Orientações

Declaramos para os devidos fins que o Docente PAULO CESAR MOURA DA SILVA, Matrícula SIAPE de número 1612510, atuou nesta instituição nas seguintes orientacoes, em seus respectivos períodos letivos:

2012.1 - ANI0512 - ESTAGIO SUPERVISIONADO I
2009136451 - FERNANDA CRISTINA DE MORAIS FREITAS
2012.1 - ANI0512 - ESTAGIO SUPERVISIONADO I
2009136638 - DANIELLA KARINE PRAXEDES COSTA
2012.1 - ANI0512 - ESTAGIO SUPERVISIONADO I
2009136505 - ARYANE MARYANE PRAXEDES
2012.1 - ANI0512 - ESTAGIO SUPERVISIONADO I
2009136480 - AMANDA ALVES DE MORAIS MEDEIROS
2012.1 - VEG0203 - ESTAGIO SUPERVISIONADO (1200300)
2006141163 - CLARA LIVIA CAMARA E SILVA
2012.1 - VEG0203 - ESTAGIO SUPERVISIONADO (1200300)
2007141717 - RAIMUNDO FERNANDES DE OLIVEIRA JUNIOR
2012.2 - VEG0203 - ESTAGIO SUPERVISIONADO (1200300)
2008143318 - JOSEANE DUNGA DA COSTA
2012.2 - VEG0203 - ESTAGIO SUPERVISIONADO (1200300)
2008143318 - JOSEANE DUNGA DA COSTA
2012.2 - VEG0203 - ESTAGIO SUPERVISIONADO (1200300)
2008143120 - RAFAEL VAGNER DE OLIVEIRA MACHADO
2012.2 - ANI2020 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II
2009136505 - ARYANE MARYANE PRAXEDES
2012.2 - ANI0513 - ESTAGIO SUPERVISIONADO II
2009136480 - AMANDA ALVES DE MORAIS MEDEIROS
2012.2 - ANI0513 - ESTAGIO SUPERVISIONADO II
2009136451 - FERNANDA CRISTINA DE MORAIS FREITAS
2013.1 - ANI2020 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II
2009136451 - FERNANDA CRISTINA DE MORAIS FREITAS
2013.1 - ANI2020 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

2009136638 - DANIELLA KARINE PRAXEDES COSTA
2013.1 - ANI2020 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II
2009136480 - AMANDA ALVES DE MORAIS MEDEIROS
2015.2 - ANI0512 - ESTAGIO SUPERVISIONADO I
2012011572 - ISADORA BENEVIDES DE CASTRO
2015.2 - AMB1081 - ESTAGIO SUPERVISIONADO I
2014009333 - FRANCISCO JORDAO NUNES DE LIMA
2016.1 - ANI0513 - ESTAGIO SUPERVISIONADO II
2011211843 - JECSON RÉGMAN DANTAS DE OLIVEIRA
2016.1 - ANI0513 - ESTAGIO SUPERVISIONADO II
2011211853 - SILVIA HOLANDA DE MEDEIROS
2016.1 - ANI0513 - ESTAGIO SUPERVISIONADO II
2012011572 - ISADORA BENEVIDES DE CASTRO
2016.1 - AMB1154 - TRABALHO DE CONCLUSAO DE CURSO
2012020987 - CAMILA GABRIELLE DE ARAUJO SANTOS
2016.1 - AMB1081 - ESTAGIO SUPERVISIONADO I
2015004995 - THAYSSA LOUÍSE SOUTO DE MOURA
2016.1 - AMB1080 - ESTAGIO SUPERVISIONADO II
2014009333 - FRANCISCO JORDAO NUNES DE LIMA
2016.2 - AMB1154 - TRABALHO DE CONCLUSAO DE CURSO
2013010616 - PABLO EINSTEIN BATISTA
2016.2 - ANI0512 - ESTAGIO SUPERVISIONADO I
2016021337 - ISADORA BENEVIDES DE CASTRO
2016.2 - ANI0513 - ESTAGIO SUPERVISIONADO II
2016021337 - ISADORA BENEVIDES DE CASTRO
2016.2 - AMB1080 - ESTAGIO SUPERVISIONADO II
2015004995 - THAYSSA LOUÍSE SOUTO DE MOURA
2016.2 - AMB1154 - TRABALHO DE CONCLUSAO DE CURSO
2013020813 - RICARDO ALVES MAURÍCIO
2017.1 - ANI0513 - ESTAGIO SUPERVISIONADO II
2012011566 - FRANCISCA ELANE ROCHA VIEIRA
2017.2 - ANI2020 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II
2016021337 - ISADORA BENEVIDES DE CASTRO
2017.2 - AMB1154 - TRABALHO DE CONCLUSAO DE CURSO
2016010267 - GIORGY MAIA COSTA

2017.2 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2016002206 - RODRIGO PEIXOTO OLIVEIRA
2017.2 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2016001942 - ADERSON DE SOUZA MAIA
2017.2 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2016007580 - OTÁVIO TAVARES BOTREL
2018.1 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2016007347 - CAMILA CARVALHO NOBERTO
2018.1 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2015005221 - TAÍS REBOUÇAS REIS
2018.1 - AMB1154 - TRABALHO DE CONCLUSAO DE CURSO
2016010267 - GIORGY MAIA COSTA
2018.1 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2016008700 - VINÍCIUS LIMEIRA DE OLIVEIRA
2018.1 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2016008809 - PEDRO HENRIQUE CÂMARA MATOS
2018.1 - AMB1081 - ESTAGIO SUPERVISIONADO I
2017002944 - MARCELO AUGUSTO DA COSTA
2018.2 - AMB1154 - TRABALHO DE CONCLUSAO DE CURSO
2016010267 - GIORGY MAIA COSTA
2019.1 - AMB1080 - ESTAGIO SUPERVISIONADO II
2017004804 - MARIA MAYRLLA OLIVEIRA DOS REIS
2018.2 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2016008809 - PEDRO HENRIQUE CÂMARA MATOS
2019.1 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2017004804 - MARIA MAYRLLA OLIVEIRA DOS REIS
2019.1 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2016008809 - PEDRO HENRIQUE CÂMARA MATOS
2018.2 - LAT0001 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
2018200186 - FRANCISCO JOSERALDO MEDEIROS DO VALE
2018.2 - LAT0001 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
2018200284 - ITALO WIGLIFF LEITE PACHICO
2018.2 - LAT0001 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
2018200506 - JANE KELLY HOLANDA MELO
2018.2 - LAT0001 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

2018200266 - JEAN MARCELL AZEVEDO DE ALMEIDA
2018.2 - LAT0001 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
2018200159 - CORDINIZ OVIDIO DE AZEVEDO JUNIOR
2018.2 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2016007294 - FERNANDA BEZERRA EVANGELISTA
2018.2 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2017001070 - PAULO RÉGIS CHAGAS CAVALCANTE
2019.2 - AMB1121 - TRABALHO DE CONCLUSAO DE CURSO II
2017005202 - ANTONIO LUIZ FREITAS BEZERRA
2020.3 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2018001191 - CAIO ÁLISSON DINIZ DA SILVA
2019.2 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2016002411 - PEDRO THIAGO VILELA DE MENDONÇA
2020.1 - ANI2020 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II
2014011119 - KAIO CESAR DE CARVALHO MENEZES
2020.2 - MME2312 - PROJETO DE TCC
2018010361 - DANIEL CORCINO TAVARES
2020.2 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2019011670 - LIANDRA MELO CARVALHO
2020.2 - LAT0001 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
2019220038 - CAMILA GABRIELLE DE ARAUJO SANTOS
2020.2 - LAT0001 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
2019220053 - RODRIGO YAGO COSTA CARVALHO
2020.2 - LAT0001 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
2019220054 - YARA LEMOS DE PAULA
2021.1 - MME2313 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC)
2018010361 - DANIEL CORCINO TAVARES
2021.2 - MME2312 - PROJETO DE TCC
2017020831 - PEDRO VICTOR DE SOUSA ALBUQUERQUE
2021.2 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2019023179 - ALISON COSTA GOMES
2022.1 - MME2313 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC)
2017020831 - PEDRO VICTOR DE SOUSA ALBUQUERQUE
2022.1 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2019023321 - FABRICIO LUIZ LIMA DA SILVA

2022.2 - ANI2020 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II
2015011100 - AMANDA FERNANDES DE OLIVEIRA
2022.2 - MME2312 - PROJETO DE TCC
2014010784 - VITOR PESSOA CAMINHA
2022.2 - MME2313 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC)
2014010784 - VITOR PESSOA CAMINHA
2023.1 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2019023374 - ANDESSON MICAEL OLIVEIRA DA CUNHA
2023.1 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2021023093 - DANIEL CORCINO TAVARES
2023.1 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2020023143 - MELISSA DIAS GUIMARAES
2023.1 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2021023019 - WILLIAN LUDWIG ALVES DE OLIVEIRA
2023.1 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2021023051 - MELQUISEDEQUE BARBOSA COSTA
2023.1 - MME2312 - PROJETO DE TCC
2020010705 - LUAN BRIGIDO E SILVA
2023.1 - MME2312 - PROJETO DE TCC
2017010702 - ADRIEL WELITON SILVA MARQUES
2023.1 - MME2313 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC)
2017010702 - ADRIEL WELITON SILVA MARQUES
2023.1 - AMB1080 - ESTAGIO SUPERVISIONADO II
2020023143 - MELISSA DIAS GUIMARAES
2023.1 - AMB1081 - ESTAGIO SUPERVISIONADO I
2021023019 - WILLIAN LUDWIG ALVES DE OLIVEIRA
2023.2 - MME2312 - PROJETO DE TCC
2020010628 - MATHEUS AMANCIO LOPES
2023.2 - AMB1083 - TRABALHO FINAL DE GRADUACAO
2021023065 - LUAN VINICIUS FONSECA

MOSSORÓ, 01 de Maio de 2024

Código de Verificação:
63847b2a7b

Para verificar a autenticidade deste documento acesse **https://sigaa.ufersa.edu.br/sigaa/documentos/**, informando a Matrícula do SIAPE, data de emissão do documento e o código de verificação.

SIGAA | Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO PEDAGÓGICO

DECLARAÇÃO

Declaramos, para os devidos fins, que (o)a Professor(a) PAULO CESAR MOURA DA SILVA, siape 1612510, como docente do(a) DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS, foi Coordenador(a) e Orientador(a) do Projeto de Ensino "GEOPROCESSAMENTO", com vigência de 12 de Julho de 2023 até 30 de Abril de 2024, tendo sob sua orientação o(s) aluno(s): VANDERBIO DUARTE RODRIGUES SEGUNDO.

Mossoró, 1 de Maio de 2024

Carolina Malala Martins Souza
PRO-REITOR(A)

Código de verificação: **f265678b09**
Número do Documento: **554362**

Para verificar a autenticidade deste documento acesse **https://sigaa.ufersa.edu.br/sigaa/documentos/**, informando o número do documento, data de emissão do documento e o código de verificação.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO PEDAGÓGICO

DECLARAÇÃO

Declaramos, para os devidos fins, que (o)a Professor(a) PAULO CESAR MOURA DA SILVA, siape 1612510, como docente do(a) DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS, foi Coordenador(a) e Orientador(a) do Projeto de Ensino "Monitoria de Geoprocessamento", com vigência de 8 de Agosto de 2022 até 26 de Maio de 2023.

Mossoró, 1 de Maio de 2024

Carolina Malala Martins Souza
PRO-REITOR(A)

Código de verificação: **7e4e30456b**
Número do Documento: **554360**

Para verificar a autenticidade deste documento acesse **https://sigaa.ufersa.edu.br/sigaa/documentos/**, informando o número do documento, data de emissão do documento e o código de verificação.

7 ANEXOS – Bancas de concursos

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
GABINETE DO REITOR

PORTARIA UFERSA/GAB Nº 653/2010, de 19 de julho de 2010

O Reitor em exercício da **Universidade Federal Rural do Semi-Árido**, no uso de suas atribuições conferidas pela Portaria UFERSA/GAB nº 461/2008, de 05 de agosto de 2008, publicada no Diário Oficial da União em 06 de agosto de 2008,

CONSIDERANDO a Decisão CONSUNI nº 040/2010, de 19 de julho de 2010, que define os nomes que comporão as bancas examinadoras do processo seletivo para Professor Efetivo, conforme Edital nº 029/2010, de 02/06/2010, DOU nº 105 de 04/06/2010,

CONSIDERANDO o que determina inciso XVII do Artigo 28 do Estatuto da Universidade,

R E S O L V E:

Art. 1º Designar a Banca Examinadora do Concurso, para preenchimento de vagas de Professor Efetivo, assim constituídas:

Disciplinas: Hidrologia e Manejo de Bacias Hidrográficas.

Prof. Dr. George Leite Mamede - UFC
Prof. Dr. Paulo César Moura da Silva – UFERSA
Prof. Dr. João Abner Guimarães Junior - UFRN

Art. 2º Este ato entra em vigor nesta data.

Marcos Antônio Filgueira
Reitor em exercício

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO

PORTARIA UFERSA/GAB Nº 802/2009, de 18 de setembro de 2009

O Decano da **Universidade Federal Rural do Semi-Árido**, no uso de suas atribuições,

CONSIDERANDO a Decisão CONSUNI nº 054/2009, de 18 de setembro de 2009, que define os nomes que comporão bancas examinadoras do Concurso Público para Professor Efetivo, referente aos Editais 031/2009 publicado no Diário Oficial da União nº 150, de 07/08/2009 e Edital 034/2009 publicado no Diário Oficial da União nº 163, de 26/08/2009,

CONSIDERANDO o que determina inciso XI do Artigo 28 do Estatuto da Universidade,

R E S O L V E:

Art. 1º Designar a Banca Examinadora do Concurso, para preenchimento de vagas de Professor Efetivo, assim constituídas:

Disciplinas: Poluição e Impacto Ambiental, Indicadores de Sustentabilidade Ambiental e Tratamento de Resíduos Sólidos, Líquidos e Gasosos.

Raquel Franco de Souza Lima – UFRN
Maria Isidória Silva Gonzaga – UFSE
Paulo César Moura da Silva – UFERSA
Solange Aparecida ***Goularte*** Dombroski – UFERSA (Suplente)

Art. 2º Este ato entra em vigor nesta data

Francisco Praxedes de Aquino
Decano

8 ANEXOS – Patentes

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL
DIRETORIA DE PATENTES, PROGRAMAS DE COMPUTADOR E TOPOGRAFIAS DE CIRCUITOS

Certificado de Registro de Programa de Computador

Processo Nº: **BR512024000893-4**

O Instituto Nacional da Propriedade Industrial expede o presente certificado de registro de programa de computador, válido por 50 anos a partir de 1° de janeiro subsequente à data de 20/02/2024, em conformidade com o §2°, art. 2° da Lei 9.609, de 19 de Fevereiro de 1998.

Título: PLUVUFERSA

Data de publicação: 20/02/2024

Data de criação: 03/06/2016

Titular(es): UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ARIDO - UFERSA

Autor(es): ALISSON GADELHA DE MEDEIROS; WESLEY DE OLIVEIRA SANTOS; MICHAELLY FERNANDES DE LIRA; JOSÉ ESPÍNOLA SOBRINHO,; SAULO TASSO DE ARAÚJO; LUIS CÉSAR DE AQUINO LEMOS FILHO,; PAULO CÉSAR MOURA DA SILVA; EUNICE MAIA DE ANDRADE

Linguagem: OUTROS

Campo de aplicação: CC-09

Tipo de programa: FA-03

Algoritmo hash: SHA-256

Resumo digital hash: a3fb7501dde910e2b01c26793c68773f246261aa21859d0bdde290ff39091cc6

Expedido em: 26/03/2024

Aprovado por:
Carlos Alexandre Fernandes Silva
Chefe da DIPTO

9 ANEXOS – Projetos acadêmicos

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO
Tel:(84) 3215-3230 / 3623 - Fax:(84) 3215-3262
proec@ufersa.edu.br https://proec.ufersa.edu.br/

DECLARAÇÃO

Declaramos para os devidos fins que, o(a) Professor(a) PAULO CESAR MOURA DA SILVA, SIAPE 1612510, está inscrito como participante do projeto de extensão APOIO TÉCNICO E CAPACITAÇÃO NA ELABORAÇÃO DE ORTOFOTOS DE AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS (RPA) EM ÁREAS DE INTERESSE DA SEGURANÇA PÚBLICA NO RIO GRANDE DO NORTE., que ocorrerá no período de 16 de Janeiro de 2023 a 30 de Dezembro de 2024, promovido pelo(a) DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS, na função de Coordenador, com carga horária prevista de 392 hora(s) de atividades desenvolvidas.

Mossoró, 22 de Março de 2024

PAULO CESAR M. DA SILVA
Coordenador(a)

Código de verificação: **85ef827275**
Número do Documento: **543714**

Para verificar a autenticidade deste documento acesse **https://sigaa.ufersa.edu.br/sigaa/documentos/** e utilize o link *Extensão >> Declaração de Participante como Membro da Equipe de Ação de Extensão*, informando o número do documento, data de emissão do documento e o código de verificação.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO
Tel:(84) 3215-3230 / 3623 - Fax:(84) 3215-3262
proec@ufersa.edu.br https://proec.ufersa.edu.br/

DECLARAÇÃO

Declaramos para os devidos fins que, o(a) Professor(a) PAULO CESAR MOURA DA SILVA, SIAPE 1612510, está inscrito como participante do projeto de extensão APOIO TÉCNICO NA ELABORAÇÃO DE ORTOFOTOS DE AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS (RPA) PARA O MAPEAMENTO DO SÍTIO DO AEROPORTO DIX-SEPT ROSADO (SBMS) EM MOSSORÓ-RN., que ocorrerá no período de 2 de Outubro de 2023 a 31 de Dezembro de 2024, promovido pelo(a) DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS, na função de Coordenador, com carga horária prevista de 48 hora(s) de atividades desenvolvidas.

Mossoró, 22 de Março de 2024

PAULO CESAR M. DA SILVA
Coordenador(a)

Código de verificação: **0323f2458e**
Número do Documento: **543713**

Para verificar a autenticidade deste documento acesse **https://sigaa.ufersa.edu.br/sigaa/documentos/** e utilize o link *Extensão >> Declaração de Participante como Membro da Equipe de Ação de Extensão*, informando o número do documento, data de emissão do documento e o código de verificação.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

CGC: 24.529.265/0001-40
Av. Francisco Mota, 572 - Costa e Silva, CEP: 59625-900
(084) 3317-8295 - Fax: (084) 3317-8228 - e-mail: proppg@ufersa.edu.br

DECLARAÇÃO

Declaramos que o(a) professor(a) PAULO CESAR MOURA DA SILVA, portador(a) do CPF 913.585.404-97, matrícula SIAPE nº 1612510, atuou como Membro no projeto de pesquisa PIB10003-2020 - QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL E IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS EM TRECHOS DO RIO PIRANHAS AÇU/RN, com carga horária semanal de 2h, no período de 14 de Junho de 2020 a 1 de Agosto de 2023.

Mossoró, 22 de Março de 2024.

Glauber Henrique de Sousa Nunes
Pró-Reitor de Pesquisa

Idalmir de Souza Queiroz Junior
Pró-Reitor Adjunto de Pesquisa

Código de verificação:
2402699833

Para verificar a autenticidade deste documento acesse **https://sigaa.ufersa.edu.br/sigaa/documentos/**, informando a matrícula, data de emissão do documento e o código de verificação.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

CGC: 24.529.265/0001-40
Av. Francisco Mota, 572 - Costa e Silva, CEP: 59625-900
(084) 3317-8295 - Fax: (084) 3317-8228 - e-mail: proppg@ufersa.edu.br

DECLARAÇÃO

Declaramos que o(a) professor(a) PAULO CESAR MOURA DA SILVA, portador(a) do CPF 913.585.404-97, matrícula SIAPE nº 1612510, atuou como Vice-Coordenador no projeto de pesquisa PIP00012-2023 - GEOTECNOLOGIAS APLICADAS NO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA DO TRECHO URBANO DO RIO APODÍ-MOSSORÓ, com carga horária semanal de 5h, no período de 1 de Setembro de 2023 até a presente data.

Mossoró, 22 de Março de 2024.

Glauber Henrique de Sousa Nunes
Pró-Reitor de Pesquisa

Idalmir de Souza Queiroz Junior
Pró-Reitor Adjunto de Pesquisa

Código de verificação:
5e4680b1ce

Para verificar a autenticidade deste documento acesse **https://sigaa.ufersa.edu.br/sigaa/documentos/**, informando a matrícula, data de emissão do documento e o código de verificação.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

CGC: 24.529.265/0001-40
Av. Francisco Mota, 572 - Costa e Silva, CEP: 59625-900
(084) 3317-8295 - Fax: (084) 3317-8228 - e-mail: proppg@ufersa.edu.br

DECLARAÇÃO

Declaramos que o(a) professor(a) PAULO CESAR MOURA DA SILVA, portador(a) do CPF 913.585.404-97, matrícula SIAPE nº 1612510, atuou como Membro no projeto de pesquisa PIH30008-2021 - Viabilidade de ferramenta computacional para projetos de engenharia, com carga horária semanal de 10h, no período de 15 de Setembro de 2021 até a presente data.

Mossoró, 22 de Março de 2024.

Glauber Henrique de Sousa Nunes
Pró-Reitor de Pesquisa

Idalmir de Souza Queiroz Junior
Pró-Reitor Adjunto de Pesquisa

Código de verificação:
764b8e498e

Para verificar a autenticidade deste documento acesse **https://sigaa.ufersa.edu.br/sigaa/documentos/**, informando a matrícula, data de emissão do documento e o código de verificação.

UFERSA
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Pró-Reitoria de Extensão e Cultura

Certificado

Certificamos que o Prof°. **PAULO CESAR MOURA DA SILVA** coordenou o **Curso Capacitação em Sistemas de Informações Geográficas – SIG's**, realizado no período de 05 á 15 de julho 2011, com carga horária de 40 horas, no âmbito da Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

Mossoró, 18 de agosto de 2011.

Ioná de Santos
Pró-Reitora de Extensão e Cultura

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO

PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO E CULTURA

Certificado

Certificamos que o Profº **PAULO CÉSAR MOURA DA SILVA** ministrou o curso **Capacitação em Sistemas de Informações Geográficas – SIG's**, realizado no período de 16 de outubro a 13 de novembro de 2010, com carga horária de 32 horas, no âmbito da Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

Mossoró/RN, 22 de novembro de 2010.

Rodrigo Sérgio Ferreira de Moura
Pró-Reitor de Extensão e Cultura

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO E CULTURA

Certificado

Certificamos que **CARLOS TIAGO DA SILVEIRA LOPES MORAIS** participou do curso **Geotecnologia por meio do Software Terraview 3.2**, realizado no período de 02/10/09 a 07/11/09, com carga horária de 60 horas, ministrado por Ana Luiza Bezerra da Costa Saraiva, Artênio Cabral Barreto, Carlos Tiago da Silveira Lopes Morais, Débora Carla Barboza de Sousa, Joel Medeiros Bezerra, Laize Batista de Medeiros e Ricardo Bruno Carvalho de Sousa e coordenado pelo Prof. Dr. Paulo César Moura da Silva, no âmbito da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Campus Angicos.

Mossoró/RN, 18 de março de 2010.

Rodrigo Sérgio Ferreira de Moura
Pró-Reitor de Extensão e Cultura

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO

PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO E CULTURA

Certificado

Certificamos que **RICARDO BRUNO CARVALHO DE SOUSA** participou do curso **Geotecnologia por meio do Software Terraview 3.2**, realizado no período de 02/10/09 a 07/11/09, com carga horária de 60 horas, ministrado por Ana Luiza Bezerra da Costa Saraiva, Artênio Cabral Barreto, Carlos Tiago da Silveira Lopes Morais, Débora Carla Barboza de Sousa, Joel Medeiros Bezerra, Laize Batista de Medeiros e Ricardo Bruno Carvalho de Sousa e coordenado pelo Prof. Dr. Paulo César Moura da Silva, no âmbito da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Campus Angicos.

Mossoró/RN, 18 de março de 2010.

Rodrigo Sérgio Ferreira de Moura
Pró-Reitor de Extensão e Cultura

UFERSA
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Pró-Reitoria de Extensão e Cultura

Certificado

Certificamos que **PAULO CESAR MOURA DA SILVA** ministrou a palestra intitulada **Utilização do GPS em Programas de Georeferenciamento,** realizada no dia 15 de outubro de 2011, sob a coordenação do Prof. Dr. José Ticiano Arruda Ximenes de Lima, dentro da **I Semana do Conhecimento – I SECON**, âmbito da Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

Mossoró, 14 de dezembro de 2011.

Ioná Santos Araújo
Pró-Reitora de Extensão e Cultura

DECLARAÇÃO

Declaramos para os devidos fins que o Professor **PAULO CÉSAR MOURA DA SILVA** executou, como coordenador, o Projeto *Construindo nosso mapa municipal visto do espaço*, com período de vigência de fevereiro/2010 a dezembro/2010, cadastrado na Pró-Reitoria de Extensão e Cultura.

Mossoró, 22 de março de 2011.

Atenciosamente,

Ludimilla Carvalho Serafim de Oliveira
Pró-Reitora Substituta

DECLARAÇÃO

Declaramos para os devidos fins que o Professor **PAULO CÉSAR MOURA DA SILVA** executou, como coordenador, o Projeto *Uso de geotecnologia para capacitação de gestores municipais e estaduais*, com período de vigência de junho/2009 a março/2010, cadastrado na Pró-Reitoria de Extensão e Cultura.

Mossoró, 22 de março de 2011.

Atenciosamente,

Ludimilla Carvalho Serafim de Oliveira
Pró-Reitora Substituta